

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
UNIDAD DE POSGRADO

Respuestas fisiológicas de camote *Ipomoea batatas* (L.)
Lam. a diferentes frecuencias de riego

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Botánica Tropical
con mención en Botánica Económica

AUTOR

Rafael Simón Oswaldo La Rosa Loli

Lima – Perú

2008

**Dedico este trabajo a DIOS por
brindarme esta oportunidad de
probarme a mi mismo.**

**A mi esposa Elizabeth por su
respaldo incondicional.**

A mis hijos Anselmo y Maria.

A mis Padres Simón y Victoria.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Noel Palláis, jefe del Laboratorio de Fisiología del Centro Internacional de la Papa (CIP), por el asesoramiento y la confianza que depositó en mi persona.

A la M.Sc. Mery Suni Ninataype, jefe del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por el asesoramiento en la redacción y por su aliento constante para terminar el presente trabajo.

Al Director General del Centro Internacional de la Papa (CIP) que me concedió la oportunidad de desarrollar el presente trabajo en sus instalaciones.

A los técnicos del Laboratorio de Fisiología del CIP por su invaluable apoyo.

A la Blga. Giovanna Vadillo, miembro del Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por su ayuda invaluable en el manejo de software para elaborar los cuadros y tablas de resultados.

A todas las personas que de una u otra manera ayudaron a que este trabajo se haga realidad.

CONTENIDO

	<u>Pag.</u>
Resumen	i
Abstract	ii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1 Origen de la especie	3
2.2 Taxonomía del Cultivo	3
2.2.1 Familia Convolvulaceae	3
2.2.2 Género <i>Ipomoea</i>	3
2.2.3 <i>Ipomoea batatas</i> (L) Lam	4
2.3 Cultivo del Camote	4
2.3.1 Nombres Vulgares	4
2.3.2 Valor Nutricional	5
2.3.3 Datos del Cultivo	6
2.3.4 Fisiología del Cultivo	7
3. Material y Métodos	12
4. Resultados y Discusión	18
4.1 Datos Meteorológicos	18
4.2 Resultados del contenido hídrico del suelo	19
4.3 Respuestas fisiológicas de los 17 cultivares a los diferentes tratamientos de riego	20
4.4 Análisis de las respuestas fisiológicas de cada uno de los cultivares	31
cultivar 188006.1	31
cultivar 440168	36
cultivar 440277	40
cultivar 440034	44
cultivar 189001.5	49
cultivar 420027	53
cultivar 440144	57
cultivar 440166	62
cultivar 440057	67

	cultivar 420017	72
	cultivar 440089	76
	cultivar 440185	81
	cultivar 440189	85
	cultivar 440179	90
	cultivar 187003.1	95
	cultivar 440183	99
	cultivar 440031	103
5.	Conclusiones	108
6.	Recomendaciones	109
7.	Referencias Bibliográficas	110

RESUMEN

El camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) es una especie que por sus características de rusticidad se puede cultivar en suelos pobres y con poca cantidad de agua, esto ha permitido que su cultivo se extienda a numerosos países en el mundo, especialmente en países pobres; además, por sus características nutritivas, es una buena alternativa para disminuir el hambre en estos países. Varias de estas características fueron evaluadas y se determinaron sus respuestas fisiológicas para tolerar el déficit de agua, el crecimiento foliar y llenado de las raíces reservantes, y la etapa fenológica más apropiada para aplicar agua al cultivo. El experimento se llevó a cabo en un área de 3000 m², en el Centro Internacional de la Papa, en Lima, de Febrero a Julio de 1995. El material vegetal consistió en esquejes de 17 cultivares de camote, de alrededor de 30 cm de longitud, siempre con la yema apical, seleccionados del Banco de Germoplasma *in vivo* del CIP, teniendo como característica principal ser tolerantes a la sequía. Los tratamientos de riego fueron los siguientes: un riego a los 45 ddp, un riego a los 90 ddp, sin riego durante todo el experimento y riego cada 15 días. Se tomaron datos de porcentaje de cobertura vegetal, resistencia estomática, potencial hídrico foliar, y a la cosecha se tomaron los siguientes datos: índice de cosecha, porcentaje de materia seca de la raíz y follaje, peso seco y fresco de las raíces y el follaje, rendimientos en base al peso fresco y seco. Los resultados muestran que las respuestas fisiológicas varían marcadamente con cada cultivar. Se puede observar el efecto del déficit de agua, sobre el follaje, ya que siempre disminuye el porcentaje de cobertura en el tratamiento sin riego y los tratamientos con un solo riego. A pesar que algunos cultivares presentan altas resistencias estomáticas, el porcentaje de materia seca en las raíces reservantes no es significativa entre los tratamientos lo que nos indicaría que la fotosíntesis no es afectada en su totalidad. Además, los datos de potencial hídrico foliar no son significativos entre los tratamientos, incluso en los cultivares con altas resistencias estomáticas, por lo que no se recomienda usar este parámetro para medir estrés hídrico en camote. De acuerdo a los resultados tomados a la cosecha se puede hacer una separación de las tendencias de cada cultivar al momento de aplicar el riego, obteniéndose que a la mayoría de ellos les conviene un riego a los 45 días después de plantado los esquejes.

ABSTRACT

Sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) is a plant that for its rusticity can be growth in poor soils with minimum of irrigation, because of it this specie can be cultured in many places all over the world, especially in poor countries where is a good alternative to reduce hungry. So we determinated physiological responses of sweetpotato to tolerance water deficit, considering growth of foliage, storage roots and to know the best phenological state to apply irrigation. Experiment was be held in 3000 m², at the International Potato Center (CIP) in Lima – Peru, from February to July 1995. Plant material consisted of cuttings of 17 cultivars of sweetpotato, about 30 cm long and always with apical leaf bud. Obtained from Germplasm Collection of CIP, and main characteristic was being tolerant to drought. Irrigation treatments were: irrigation at 45 days after planting (d.a.p.), irrigation at 90 d.a.p., without irrigation, and irrigation each 15 days. We obtained data of percentage of foliage canopy, stomatal resistance and leaf water potential, and at harvest: harvest index, percentage of dry matter content of roots and foliage, dry and fresh weight of roots and foliage, yields in base of dry and fresh weight. Results shown that physiological responses are mainly for each cultivar. The effect of water deficit is better observed in foliage growth, because is always shorter in the treatment without water and treatments with one irrigation. But in spread of some cultivars shown high stomatal resistance, percentage of dry matter of storage roots was not significant, hence photosynthesis was not totally affected. Moreover, there was not significance between data of leaf water potentials among treatments inclusive in cultivars with high stomatal resistance, so we not recommend this parameter to evaluate water stress in sweetpotato. According our results at harvest we can observe tendencies in each cultivar at the moment of irrigation, concluding that for most of cultivars it is convenient an irrigation at 45 d.a.p..

1. INTRODUCCIÓN

Ipomoea batatas (L.) Lam. “camote” es uno de los cultivos más importantes del mundo. Ocupa el séptimo lugar en la producción mundial, siendo Asia y África los lugares en donde se concentra la mayor producción; mientras que Latinoamérica y el Caribe cubren aproximadamente un 6% (De La Puente, 1988). Además este cultivo tiene un gran potencial como alimento en la dieta del hombre, en la industria y como forraje.

En el Perú, según información de la FAO, en 1995 se cultivaron 9,094 ha, obteniéndose una producción de 155,719 TM, siendo el rendimiento promedio de 17.1 t/ha.

Burga (1988) menciona que es posible su cultivo todo el año en las zonas del Norte y Centro de la costa peruana en donde se ha conseguido el mayor desarrollo del cultivo, además, también puede ser cultivado en zonas abrigadas de la sierra y en la amazonia peruana.

Según Mendoza (1988), es interesante conocer, que el camote es una planta relativamente rústica en comparación a la papa y el maíz, ya que exige dosis menores de fertilizantes, como N y P, y menor cantidad de pesticidas; además de esto también se le considera más eficiente en el uso de agua; por lo que camote podría ser cultivado en suelos con valor agrícola marginal. También añade, que con un incremento en su rusticidad, seleccionando por tolerancia a factores adversos tales como temperaturas, salinidad, exceso de agua, sequía, toxicidad de aluminio, etc., se extendería su cultivo hacia áreas aún de mayor marginalidad.

La importancia del camote como alimento radica en su alto valor energético, gracias a su elevado contenido de almidón. También es una fuente importante de elementos nutritivos como vitamina A, niacina, riboflavina y vitamina C, además de elementos minerales y de algunos aminoácidos (Larenas y Accatino, 1994).

En la actualidad existen muchos países con problemas de agua para riego de sus cultivos, principalmente en África y Asia, por esta razón en estos países se tienen altos porcentajes de desnutrición entre sus habitantes. Entonces una alternativa es cultivar especies que requieran menor cantidad de agua, que los

cultivos tradicionales, así el camote ha llegado a ser un cultivo muy importante en dichos países.

En este sentido, sería necesario determinar en qué momento de la etapa fenológica de camote requiere de mayor cantidad de agua, y, además, conociendo cual es la respuesta fisiológica del cultivo para evadir la sequía, se tendría información muy importante para que posteriormente fitomejoradores realicen trabajos de selección y cruza entre cultivares con la finalidad de conseguir cultivares, cada vez, mejor adaptados a las condiciones de sequía.

En el presente trabajo se tuvieron los siguientes objetivos:

- Conocer las respuestas fisiológicas que muestra el cultivo para tolerar el déficit de agua.
- Cuantificar el efecto del déficit de agua en el crecimiento foliar y llenado de las raíces reservantes.
- Ubicar la etapa de desarrollo más apropiada para aplicar agua al cultivo.

2. ANTECEDENTES

2.1 Origen de la Especie (extractado de: Yañez, 2002)

De acuerdo a estudios hechos con marcadores moleculares AFLP y posteriormente con Microsatélites, el posible centro de origen de *Ipomoea batatas* sería América Central, siendo el Perú un centro secundario de diversidad genética.

2.2 TAXONOMÍA DEL CULTIVO (extractado de: Purseglove, 1991; Machado, 1981; Austin, 1978)

2.2.1 Familia *Convolvulaceae*

Representada por 45 a 50 géneros y 1200 especies, distribuidas en los trópicos y subtrópicos del mundo. Principalmente son hierbas volubles, anuales y perennes, también existen hierbas erectas y arbustos, o raro árboles. Frecuentemente presencia de látex.

Hojas simples, alternas, con estípulas. Flores hermafroditas, actinomorfas, pentameras, axilares, solitarias o en cimas; corola en forma de embudo, gamopétala, 5 lobada; sépalos 5, ordinariamente libres, imbricados, frecuentemente acrescentes; estambres 5, epipétalos, frecuentemente dilatados y pubescentes hacia la unión con la corola, anteras ditécicas, introrsas, con dehiscencia longitudinal, polen dentado o espinuloso; ovario súpero, bicarpelar, bilocular, lóculos con 2 óvulos, o 4-6 loculado y cada lóculo con 1 óvulo. Fruto usualmente una cápsula las semillas con embrión largo, cotiledones bilobulados y endosperma cartilaginoso.

2.2.2 Género *Ipomoea*

Un gran género de alrededor de 400 especies, principalmente hierbas volubles anuales y perennes, con unos pocos arbustos erectos, mayormente en los trópicos, de propagación ampliamente vegetativa. Flores axilares solitarias o en cimas poco floreadas; corola en forma de embudo; polen más o menos espinuloso o dentado; estigma capitado, entero, 2-3 globular o lobulado; cápsula 4-6 valvado, irregularmente dehiscente (excepcionalmente indehiscente); semillas 4-6 ó menos.

2.2.3 *Ipomoea batatas* (L) Lam.

Planta perenne de raíces tuberosas. Tallos postrados o ascendentes, algunas veces volubles, glabros o pubescentes cuando la planta es joven, angulares o cilíndricos, de color verde o púrpura, con haces vasculares bicolaterales, los tallos postrados enraízan en los nudos. Hojas muy variables, aún en la misma planta, dependiendo de la edad; lamina mayormente ovada a orbicular o subrotunda, entera a angular o profundamente 3-5-7 lobada, los lóbulos pronunciadamente ovados a oblongos lineales, cordada o truncada en la base, el ápice agudo, obtuso o acuminado, ambas superficies glabras o pubescentes; peciolo delgado elongado, acanalado en la superficie superior, 2 pequeños nectarios en la base. Inflorescencia cimosa, axilar, pedúnculo robusto y angular a delgado y cilíndrico. Flor con corola en forma de embudo campanulada, 5 lobada, de color púrpura intenso hacia la garganta y pálido hacia el margen; cáliz profundamente 5 lobado, sépalos subcoriáceos, agudo a obtuso, mucronulado-caudado, glabros o densamente pubescente, ciliados; estambres con anteras de color blanco a rosado, filamentos glabros; ovario usualmente pubescente raramente glabro, 2 locular, rodeado de 2 nectarios lobados de color naranja; fruto cápsula, semillas 4 ó menos.

2.3 CULTIVO DEL CAMOTE

2.3.1 Nombres Vulgares

Según Montaldo (1991) y López (1984), en varios países, ésta raíz reservante recibe los siguientes nombres vulgares:

- En Centroamérica:

Boniato (Cuba); Batata (Puerto Rico)

- En Norteamérica:

Sweet Potato (EE UU)

Camote (México)

- En Sudamérica:

Batata (Argentina); Camote (Chile, Bolivia, Perú); Batata doce (Brasil); Apichu, Cumar (Perú); Batata, Chaco (Venezuela)

- En Asia:

Kamote (Filipinas); Koal lang, Khoal day (Viet-Nam); Oobi djalar, Ketela rambet (Indonesia); Dam long (Kampuchea); Satsuma imo (Japón)

- En Oceanía:

Kumara (Polinesia, Nueva Zelanda); Umara (Tahiti); Umala (Samoa); Gumbili (Molucas); Kumala (Fidji)

- En Africa:

Vomanga (Madagascar); Gapielé (Congo)

- En algunos idiomas:

Español: Batata, Boniato, Camote

Quechua: Cumar

Francés: Patate douces

Italiano: Patata dolce

Alemán: Batate, Süsskartoffel

Inglés: Sweet potato

La gran distribución espacial de esta especie se debe al gran desarrollo de híbridos de uso comercial o también llamados cultivares, de acuerdo a las normas del Código Internacional de Plantas Cultivadas (Brickell, 2004).

2.3.2 Valor Nutricional

Los carbohidratos son los constituyentes más abundantes en el camote, llegando a ser de 80 a 90% de la materia seca de la raíz reservante (Kays, 1992; Woolfe, 1992), los cuales están constituidos principalmente por almidón y azúcares, y menor cantidad de pectinas, hemicelulosas y celulosa (Woolfe, 1992). La composición relativa de estos carbohidratos varía con los cultivares, madurez de las raíces, condiciones de campo de cultivo, tiempo de almacenaje, procesamiento, cocción (Kays, 1992; Woolfe, 1992).

El almidón es el mayor y el más importante componente de la raíz cruda, sin considerar el cultivar o el uso, está compuesto de alrededor de 70% de amilopectina y 30% de amilosa; además, el azúcar que más abunda en la raíz cruda es la sucrosa y en la raíz cocinada la maltosa (Collins, 1987).

El camote es una buena fuente de vitamina A, ácido ascórbico, piridoxina, ácido pantoténico, ácido fólico y una moderada fuente de tiamina, riboflavina y niacina (Kays, 1992).

Una ración promedio del tipo postre aporta 5.345 UI/100 g de vitamina A, es decir, 121% de lo dietéticamente recomendable (Larenas, y Accatino, 1994; Collins, 1987). Este hecho es muy importante ya que se sabe que el beta caroteno, precursor de la vitamina A, tiene propiedades anti cancerígenas, anti envejecimiento y anti úlceras, debido a la propiedad de actuar como antioxidante (Woolfe, 1992). También, el camote es fuente de vitamina C, llegando a representar un 49% de lo recomendado en la dieta diaria (Collins, 1987), lo que equivale aproximadamente a 17 mg/100 g de camote (Larenas y Accatino, 1994).

El contenido de proteínas en las raíces de camote es muy poca para las necesidades de la dieta diaria (Larenas, y Accatino, 1994; Collins, 1987), siendo en promedio aproximadamente 5% (en base al peso seco) ó 1.5% (en base al peso fresco, esto incluye todos los compuestos nitrogenados presentes en el análisis (Woolfe, 1992; Kays, 1992); pero a pesar de ello, la calidad de la proteína es muy buena (Collins, 1987), aunque con bajo contenido de metionina y lisina (Collins, 1987; Kays, 1992). El valor biológico y la digestibilidad verdadera de la proteína varía con los métodos de extracción y de secado, pero generalmente está entre 72-74% y 79-82%, respectivamente (Kays, 1992). Se conoce además, que existe un gradiente de proteína en una raíz reservante, siendo más concentrada hacia la parte proximal al tallo que a la distal, y además, mayor cantidad de proteínas en la zona periférica de la raíz que en la zona interna, es por esta razón que el pelado de la "cáscara" de la raíz provoca una disminución de la cantidad de proteínas (Woolfe, 1992).

2.3.3 Datos del Cultivo

El camote es una planta tropical y subtropical, aunque puede adaptarse a climas templados siempre que las temperaturas medias no sean inferiores a los 20°C y las mínimas a 15°C (López, y col. 1990), es decir, sólo en la estación de verano (libre de heladas, como en Japón (40° lat. N), Estados Unidos (Louisiana hasta Virginia) (30-40° lat N), y Argentina (30° lat. S) (Montaldo, 1991). Altitudinalmente, en la región tropical, el cultivo va desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm (Montaldo, 1991; López y col. 1990).

Como ya se mencionó arriba el rango de temperatura conveniente para camote es desde los 15°C hasta 35°C durante su ciclo vegetativo, y la

temperatura óptima se encuentra entre 20 y 25°C; además si se quiere obtener buen rendimiento se debe considerar temperaturas de hasta 30°C en el día y de 15 a 20°C por la noche (López, y col. 1990). Según Montaldo (1991) se debe de considerar que las temperaturas bajas (12-15°C) son preferibles durante la primera fase de desarrollo, López (1990) agrega que esto es debido a que cuando la temperatura de suelo es de 15°C favorece la translocación y acumulación de carbohidratos, concluyendo que el crecimiento de las raíces depende de la temperatura.

Con respecto a la luz, camote es un cultivo que necesita días cortos para que produzca flores (López, y col. 1990), pero es indiferente al fotoperiodo para el desarrollo de raíces reservantes (Montaldo, 1991; Bonsi, y col. 1988; López, y col. 1990); así como también, la intensidad de luz no afecta el porcentaje de materia seca de éstas raíces (Bonsi, y col. 1988); pero sí es afectado el rendimiento de raíces reservantes cuando su cobertura ha sido sombreada hasta en un 55% (Oswald, y col. 1994; Roberts-Nkrumah, y col. 1986; López, y col. 1990).

Si bien el camote puede desarrollarse y producir aceptablemente en diferentes tipos de suelo, el mejor suelo para el cultivo sería friable, arenoso y bien drenado, y el pH óptimo para el cultivo estaría entre 5.2 y 8.0 y llegando a soportar hasta 8.0 mmhos/cm² (Montaldo, 1991; López y col. 1990; Molina, 2004). Un suelo estéril, sin los nutrientes adecuados en cantidad suficiente, o suelos demasiados fértiles, resultan en pobres rendimientos (Montaldo, 1991; López y col. 1990).

El agua es un factor importante en todo cultivo y también lo es para camote. Según López y col. (1990) éste cultivo requiere bastante humedad en el suelo, debido a que el contenido de agua en las hojas es de 86%, en el tallo de 88.4% y en la raíz reservante 70.6%. Coincidiendo con Montaldo (1991) en que la cantidad de agua del suelo debe de disminuir en el período de cosecha, por el peligro de pudrición o de rebrote de las raíces reservantes.

2.3.4 Fisiología del Cultivo

Según López y col. (1990) camote es una planta de ciclo relativamente corto, dependiendo ésta del cultivar y las condiciones ecológicas, siendo generalmente la duración de éste ciclo entre 3 a 7 meses.

Durante este tiempo se pueden establecer etapas de desarrollo fisiológico en la fenología de este cultivo, dependiendo del criterio de la persona que está realizando el estudio fisiológico, para lo cual se toma en consideración cuánto demora el cultivo en desarrollar el follaje y cuánto se demora en desarrollar las raíces reservantes, teniéndose así lo siguiente:

a) Agata y Takeda (1982) establecen 2 periodos de crecimiento, basados en el incremento del Índice de Área Foliar (IAF) (es la relación entre el área foliar y el área proyectada de la planta en forma perpendicular sobre el suelo):

1º periodo es el estado de incremento de IAF (de 0 a 50 días después de plantado ddp)

2º periodo es el estado de mantenimiento del IAF alcanzado (de 60 a 150 ddp)

b) López y col. (1990) establece 3 períodos:

1º periodo, desde la brotación hasta la aparición de las raíces reservantes (entre 40 y 60 ddp)

2º periodo, desde la aparición de las raíces reservantes hasta el máximo desarrollo foliar (entre 80 y 120 ddp)

3º periodo, desde el máximo desarrollo foliar hasta el desarrollo total de las raíces reservantes (entre 100 y 120 ddp) que es la cosecha

c) Baigorria (1994) establece 4 periodos, teniendo en cuenta el crecimiento de la cobertura del follaje:

1º fase inicial, brotación y crecimiento inicial, cuando la superficie del suelo está cubierta apenas o nada por el cultivo (10% de cobertura)

2º fase de desarrollo del cultivo, desde el final de la fase inicial hasta que se llega a una cubierta sombreada efectiva completa equivalente a un 70 u 80% de la cobertura, no significando esto que se ha llegado a la maduración

3º fase de mediados de periodo, desde que se obtiene la cubierta sombreada efectiva completa hasta el momento de iniciarse la maduración, se pone de manifiesto por la decoloración de las hojas o su caída. Es equivalente al 100% de cobertura.

Es importante establecer estos periodos de desarrollo fisiológico debido a la gran influencia que ejercen los factores medioambientales sobre el crecimiento y desarrollo de camote (Baigorria, 1994). Por ejemplo, Agata y Takeda (1982) mencionan que la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) (determina el peso seco

acumulado por unidad de área de suelo y por unidad de tiempo. $\text{g/m}^2/\text{día}$) en la primera fase depende grandemente del IAF teniendo en cuenta la Temperatura promedio del aire, y en la segunda fase la Tasa de Asimilación Neta (TAN) (determina el peso seco por unidad de área foliar y por unidad de tiempo. $\text{g/m}^2/\text{día}$) depende de la radiación solar. Este incremento del IAF durante la primera fase de desarrollo lo hace con la finalidad de incrementar la superficie fotosintetizante de la planta (Wismann, 1990).

Con respecto a la producción de materia seca y su distribución en las plantas, el carbono asimilado entre los distintos órganos asimiladores determina grandemente la proporción y los patrones de crecimiento de las plantas, y añade además, que en muchas especies las cantidades relativas distribuidas para el crecimiento de la capacidad fotosintética es particularmente crítica. Pero un hecho importante en el camote es que la materia seca total disminuye en la parte aérea de la planta (hojas y tallo) con el tiempo, pero a la vez la materia seca en las raíces reservantes se incrementa (Mannan, 1992; Li y Kao, 1985); llegando éstas raíces a ser un órgano de reserva de asimilatos dominante, y la actividad de los órganos fotosintetizadores es influenciada por éste órgano asimilador (Kuo y Chen, 1992; Nakatani et al, 1988; Hahn, 1977), aunque los mecanismos precisos por los cuales el órgano asimilador regula la importación de asimilatos son aún inciertos (Kuo y Chen, 1992).

El Índice de Cosecha (IC) nos da una indicación de la distribución relativa de asimilatos entre la raíz reservante y el resto de la planta, por lo tanto, altos IC indican que estos cultivares tienen alta eficiencia en la formación de raíces reservantes (Kuo y Chen, 1992).

Numerosas investigaciones sugieren el rol potencial de los reguladores de crecimiento o fitohormonas en la regulación de la distribución de asimilatos y crecimiento de los órganos asimiladores. De hecho, Nakatani (1991) hizo un estudio de la fluctuación en concentración de tres distintos reguladores de crecimiento [zeatina ribósido (ZR), ácido abscísico (ABA) y ácido indol acético (AIA)], durante la formación y engrosamiento de las raíces reservantes de camote, encontrando:

- (a) ZR se incrementó rápidamente cuando las raíces gruesas empiezan a aparecer, pudiendo jugar un rol importante en la formación de la raíz

reservante,

- (b) si bien no hubo variación significativa en el contenido de ABA, se cree que su presencia promueva el engrosamiento de éstas raíces, por sí mismas o al interactuar con las relativas grandes cantidades de ZR,
- (c) el contenido de AIA disminuyó cuando las raíces reservantes alcanzaron un suficiente engrosamiento, por lo que la cantidad de AIA no es factor limitante en la formación y engrosamiento de éstas raíces.

En 1992, Nakatani nuevamente estudia los cambios de AIA durante el desarrollo de las raíces reservantes de camote, y concluye que la fluctuación de los niveles de AIA endógeno no es el gatillador de la formación de raíces reservantes, y que más bien éste incremento se relaciona a un rápido engrosamiento de éstas raíces después de la formación de las mismas. Kuo y Chen (1992) postulan que las citoquininas pueden ser las responsables de la división celular y el alargamiento del cambium vascular primario y secundario y subsecuentemente de las células parenquimatosas en las raíces reservantes, mientras que las auxinas pueden ser responsables de la iniciación de cambium secundario, y terminan diciendo que es necesario identificar los periodos críticos de desarrollo de la raíz reservante, para determinar los niveles críticos de los reguladores de crecimiento en el control de la actividad metabólica en éstas raíces.

Definición de Estrés:

Según Kramer, P. (1980) se define estrés como algún factor que perturba el funcionamiento normal de un organismo. Los factores a que hace mención Kramer, pueden ser bióticos (ataque de plagas) o abióticos (temperatura, sequía, inundación, etc.)

También se tiene esta otra definición más coincidente con lo observado en el presente trabajo: conjunto de respuestas bioquímicas o fisiológicas que definen un estado particular del organismo, diferente al observado bajo un rango de condiciones óptimas (Benavides, 2002)

a) Estrés hídrico por sequía:

La sequía puede ser definida como una ausencia de lluvias por un periodo de tiempo lo suficientemente prolongado como para provocar pérdida de

humedad en el suelo y causar daños en la planta (Kramer, 1980). Si bien la sequía conlleva un estrés hídrico no siempre ocurre así, en algunos casos las plantas pueden sufrir de estrés hídrico sin que exista sequía, por ejemplo cuando el agua disponible del suelo se congela, también por excesiva transpiración, o por daños en el sistema radical, etc.

b) Camote y estrés hídrico:

Los resultados de experiencias, indican que la sensibilidad de los cultivares de camote al estrés es sólo durante los primeros estados de crecimiento del cultivo, cuando la cobertura no ha sido alcanzada (Demagante et al, 1989); pero puede ser también crítico en el período de maduración de la raíz reservante afectando en su rendimiento final (Suni et al, 1993).

Se sabe también que bajo limitada humedad del suelo, obtener una alta producción de raíces reservantes depende de: el crecimiento del cultivo, la prontitud para formar raíces reservantes, el número de las mismas y la distribución de asimilatos a las raíces; por el contrario, no dependería de caracteres morfológicos como área foliar, crecimiento de la raíz, etc. (Demagante et al, 1989; Kuo et al, 1992).

Suni et al (1993) reporta que cuando el camote es sometido a estrés hídrico en sus primeras etapas de desarrollo, se incrementa el rendimiento a pesar que el área foliar disminuye; lo mismo concluye Villafañe (1998), agregando que presumiblemente esto se deba a que los cultivares bajo estudio se recuperan después de los déficits hídricos provocados durante esta fase, aunque si los déficits hídricos son provocados en el lapso de iniciación del llenado de las raíces reservantes, entonces sí hay influencia de manera significativa.

3. MATERIAL Y METODO

El trabajo experimental se realizó totalmente en condiciones de campo, en las instalaciones del Centro Internacional de la Papa (CIP); el área total que abarcó el experimento fue de 3049.2 m². Los datos meteorológicos se obtuvieron de la estación instalada para este fin en el mencionado Centro de Investigaciones. El suelo está caracterizado como franco arenoso, con un pH promedio de 7.8, materia orgánica 1%, conductividad eléctrica de 2.2 mmhos/cm² y una capacidad de intercambio catiónico de 12.2 me/100g.

El material vegetal que se usó fueron esquejes de 17 cultivares de camote, de alrededor de 30 cm de longitud, siempre con la yema apical, de lo contrario el establecimiento de estos esquejes demora mayor tiempo (práctica agronómica). Este material fue seleccionado del Banco de Germoplasma *in vivo* de camote del CIP, teniendo como característica principal ser tolerantes a la sequía; estos fueron:

CÓDIGO CIP	NOMBRE DE PROCEDENCIA	PAÍS DE PROCEDENCIA
188006.1	cañetano	Perú
420017	lanceolado	Perú
440027	zapallo	Perú
440034	mohc	Burundi
440057	IITA TIB 11	Nigeria
440089	NC 288-06	USA
189001.5	SR90.021	Perú
440179	AVDRC-1345	Taiwan
440183	AVDRC-1656	Taiwan
440185	L O-323	USA
440189	tainung 64	Taiwan
440144	CMR IRA 502	Camerun
440166	tanzania	Uganda
440168	N° 29	Uganda
440277	siale	Tonga
187003.1	nacional	Perú
440031	jewel	USA

El trabajo experimental consistió en cuatro tratamientos con tres repeticiones, y los 17 cultivares, listados arriba, distribuidos en forma aleatoria en cada tratamiento y repetición (ver Figura 1). Cada valor promedio, por tanto, es obtenido de 3 mediciones en cada tratamiento.

Tratamientos:

R-90: sólo un riego a los 90 días después de iniciado el experimento.

R-45: sólo un riego a los 45 días después de iniciado el experimento.

R-00: sin riego durante todo el experimento.

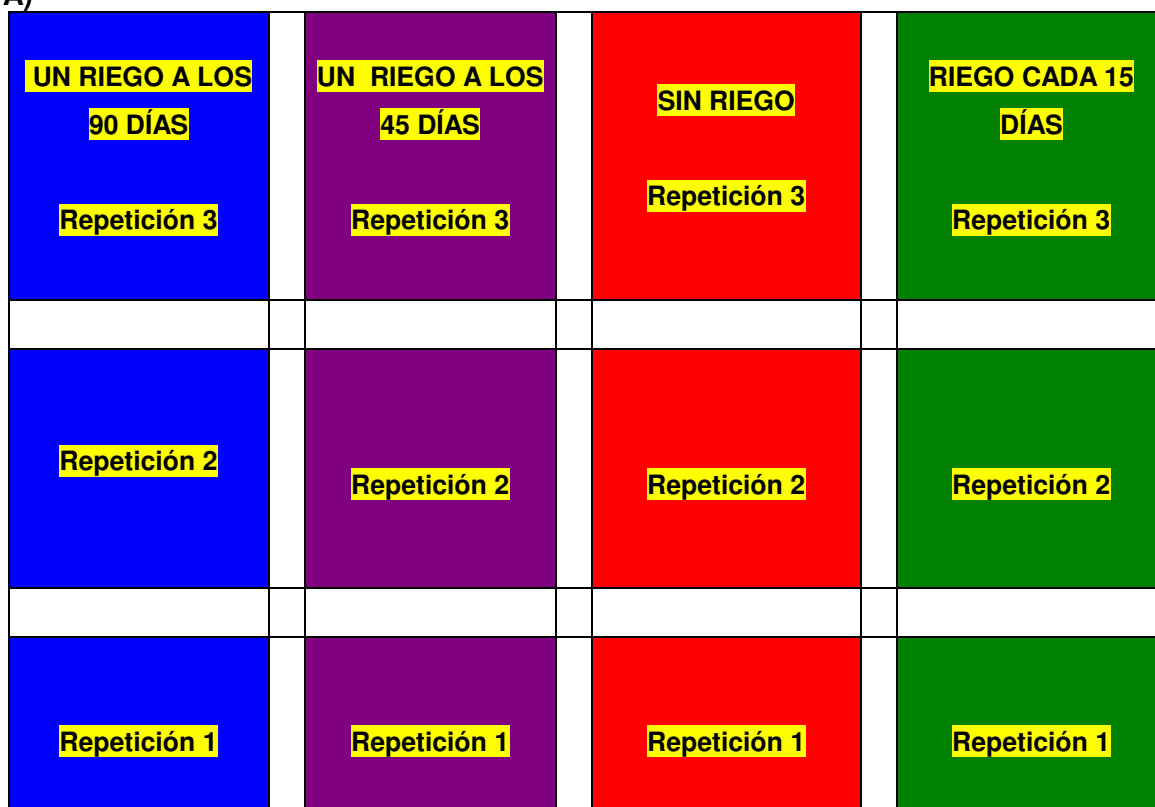
R-C15: riego cada 15 días.

Este diseño se plantea basándose en la facilidad de poder regar los tratamientos que lo requieran, sin comprometer el tratamiento que va a estar en sequía hasta la cosecha. Los tratamientos R-00 y R-C15 son controles. Al borde de cada tratamiento se plantó una cultivar que no intervino en el experimento “plantas borde”, sólo se puso para que atrape el exceso de agua entre los tratamientos.

Riego:

Se regó el suelo inmediatamente después del plantado de los esquejes con la finalidad que enraícen los mismos. El riego en cada tratamiento se llevó a cabo de la siguiente manera: se cerraron los surcos en la parte final y se esperó a que el agua subiera hasta el lomo del surco.

A)



Entrada de agua de riego ● →

B)

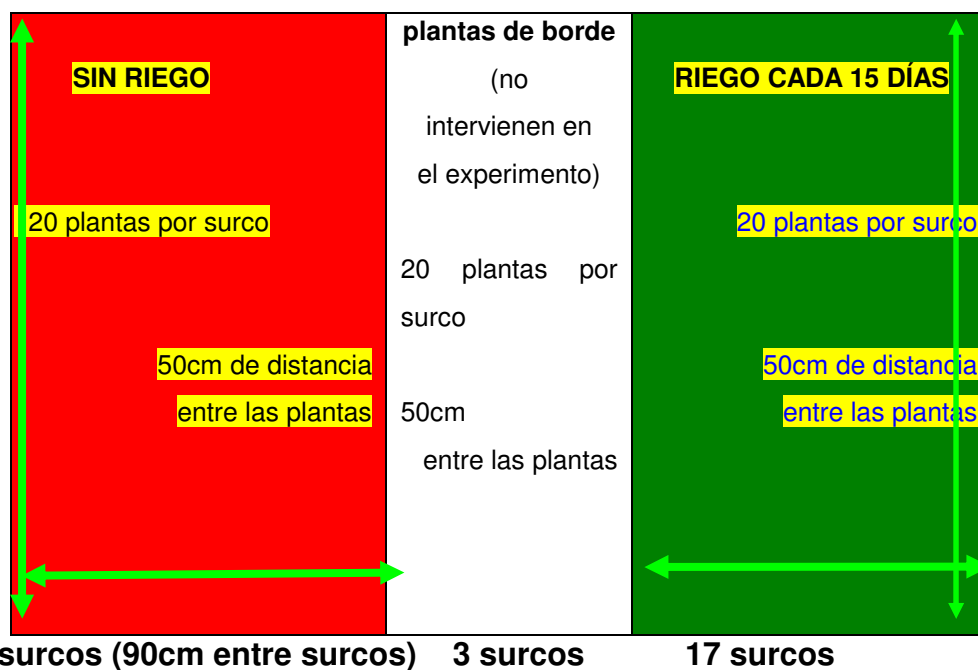


Figura 1: Diagrama de distribución de los tratamientos en el terreno. Área total de 80m x 37m (A). Véase abajo los detalles de dos tratamientos (B).



Riego a los 90 d.d.p.



Riego a los 45 d.d.p.



Sin riego



Riego cada 15 días

Figura 2. Vista de los tratamientos al término del experimento. Se puede notar el mayor crecimiento del follaje en el tratamiento de riego cada 15 días

Evaluaciones:

Se evaluaron durante todo el experimento y por periodos, en lo posible, semanales los siguientes parámetros:

A. Contenido hídrico del suelo, para esta medición se hizo uso del método gravimétrico, es decir, diferencias en peso seco de muestras de suelo obtenidas con un muestreador manual, a 40 y 60 cm de profundidad, en cada tratamiento y en cada repetición. La razón de tener este dato es saber qué cantidad de agua retiene el suelo, y cuánto va perdiendo con el tiempo. Se usó la siguiente fórmula $Pf - Ps / Pf \times 100$

B. Porcentaje de cobertura, esta medición se hizo con una rejilla con cuadrículas de dimensiones iguales a las distancias entre surcos y entre plantas, para este experimento se trabajó con cuadrículas de 10cm de lado puestas en un soporte de 0.5 m x 0.9 m. La razón de tener este dato es saber cuánto está afectando la sequía en el crecimiento del follaje, lo que traerá consigo una disminución en el área de interceptación de luz.

C. Resistencia estomática, para esta medición se hará uso de un porómetro marca ADC. La razón de tener este dato es que las plantas que están sufriendo de estrés hídrico cierran sus estomas para evitar la pérdida de agua, lo que debe afectar notablemente la fotosíntesis.

D. Potencial hídrico foliar, para esta medición se hizo uso de una cámara de presión o bomba de Scholander. La razón de tener este dato es que cuando una planta está atravesando por un estrés de sequía disminuye su potencial hídrico foliar con la finalidad de captar más agua y no sea afectada la fotosíntesis.

Además a la cosecha (160 d.d.p.) se tomaron los siguientes datos:

- a. Porcentaje de materia seca, tanto del follaje como de las raíces reservantes. Se halló con la fórmula $Ps / Pf \times 100$
- b. Índice de cosecha teniendo en cuenta el peso seco. Se halló con la fórmula $IC = Ps \text{ (raíz)} / [Pf(\text{total}) - Ps(\text{raíz})] \times 100$
- c. Promedio del peso fresco de raíces reservantes por planta, en kilogramos
- d. Promedio del peso fresco del follaje por planta, en kilogramos
- e. Promedio del peso seco de raíces reservantes por planta, en kilogramos
- f. Promedio del peso seco del follaje por planta, en kilogramos
- g. Peso seco total por planta

- h. Rendimiento del cultivo en base al peso fresco, en toneladas por hectárea
- i. Rendimiento del cultivo en base al peso seco, en toneladas por hectárea

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- DATOS METEOROLOGICOS

Los valores de temperatura y humedad relativa presentes durante el desarrollo del experimento (de febrero a julio de 1995) fueron tomados de la estación meteorológica ubicada en las instalaciones del CIP

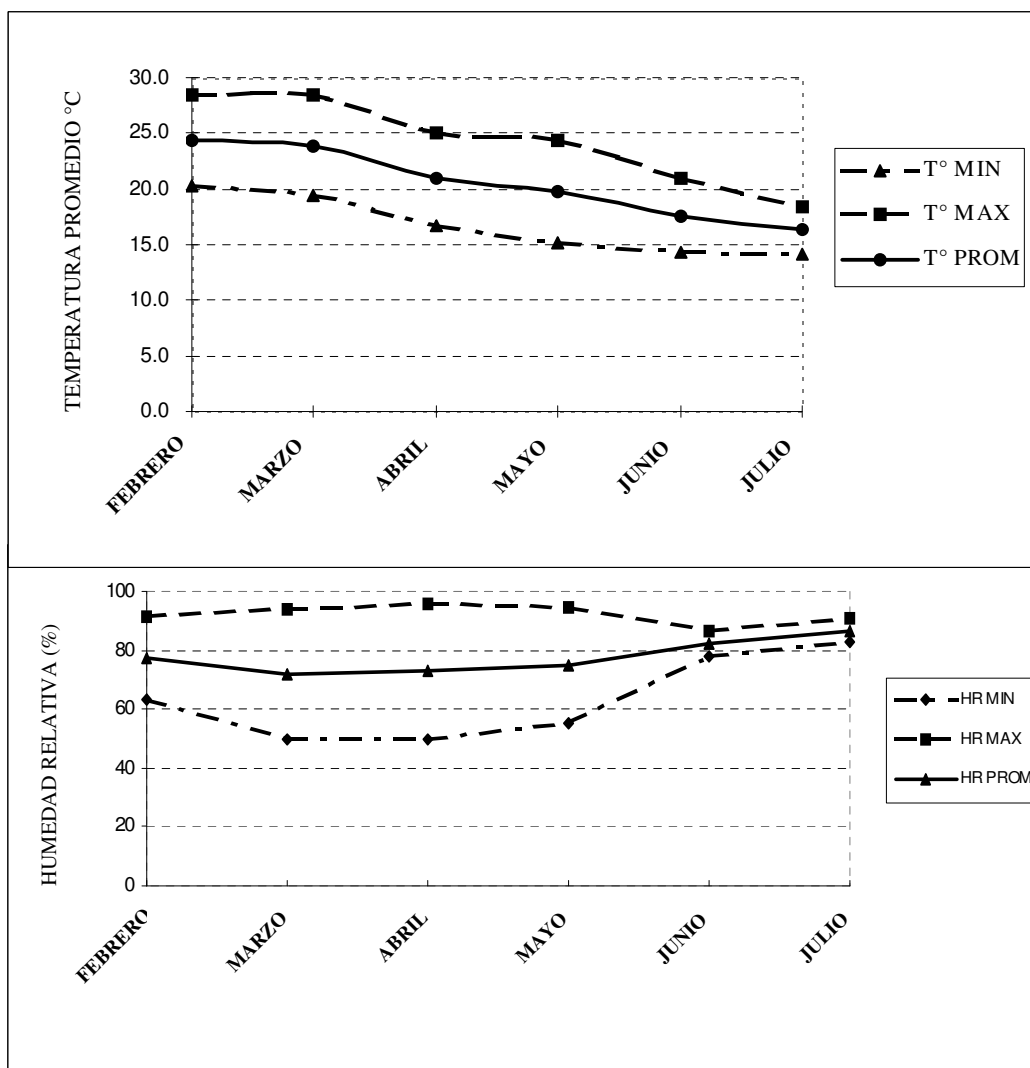


Figura 3. Variación de la temperatura y humedad relativa durante el desarrollo del experimento, de febrero a julio de 1995

Se puede observar la relación inversa que existe entre la temperatura y la humedad relativa del aire, que llegó a más del 90 % y temperaturas de alrededor de los 15°C hacia el final del cultivo.

4.2.- RESULTADOS DEL CONTENIDO HÍDRICO DEL SUELO

Tabla 1. Promedios del porcentaje de humedad del suelo para cada tratamiento, durante todo el experimento

	Momento de muestreo							
Tratamientos	7 días	21 días	35 días	63 días	77 días	105 días	112 días	156 días
R-90	15.1	17.6	16.6	12.6	12.6	16.4	14.4	14.0
R-45	14.5	17.4	14.5	10.5	10.5	9.9	9.5	9.8
R-00	14.2	13.5	14.0	9.5	9.5	9.6	9.1	9.5
R-C15	15.4	16.8	15.9	11.5	11.5	12.6	11.7	12.4
ANVA (al 0.05)	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**

En estos resultados se puede observar que la cantidad de agua en el suelo en el tratamiento de riego a los 90 d.d.p. casi no sufre variaciones a lo largo del tiempo y es superior al tratamiento de riego cada 15 días, los tratamientos de riego a los 45 d.d.p. y sin riego se muestran similares; estos hechos se pueden explicar porque el suelo de la zona donde se llevó a cabo este experimento es un suelo aluvial y además, mucho tiempo atrás, se agregó desmonte en diferentes partes del terreno, para nivelarlo, lo que le da variabilidad en cuanto a retención de agua, aunque la zona donde se realizó el trabajo está catalogada como un suelo franco arenoso. Además podemos afirmar que las plantas de camote, usadas como borde (ver figura 1), pudieron disminuir el paso de agua, del tratamiento de riego continuo (R-C15) al de sin riego (R-00), especialmente a partir de los 63 d.d.p., a pesar de haber estado juntos.

4.3.- RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE LOS 17 CULTIVARES A LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE RIEGO

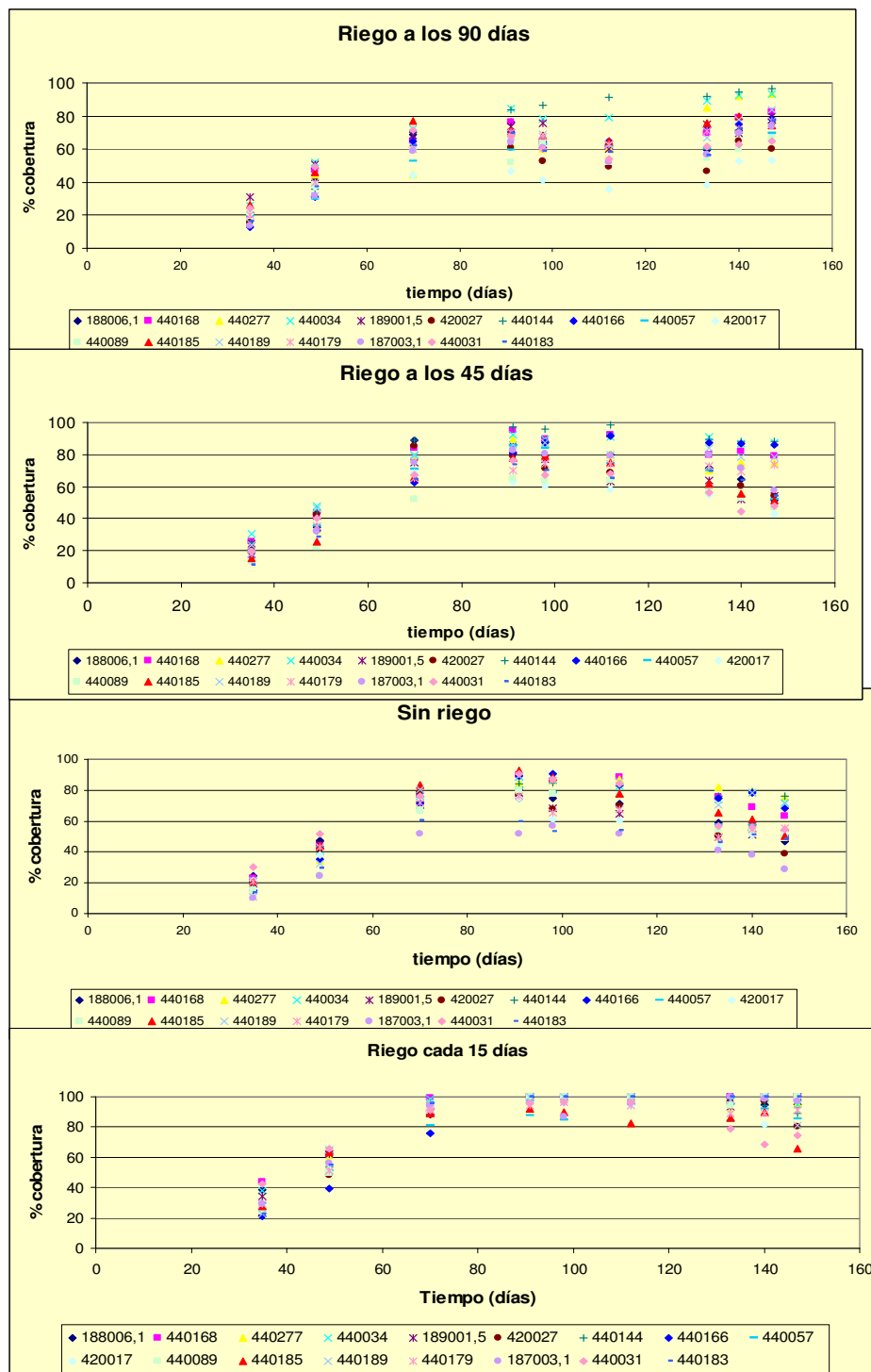
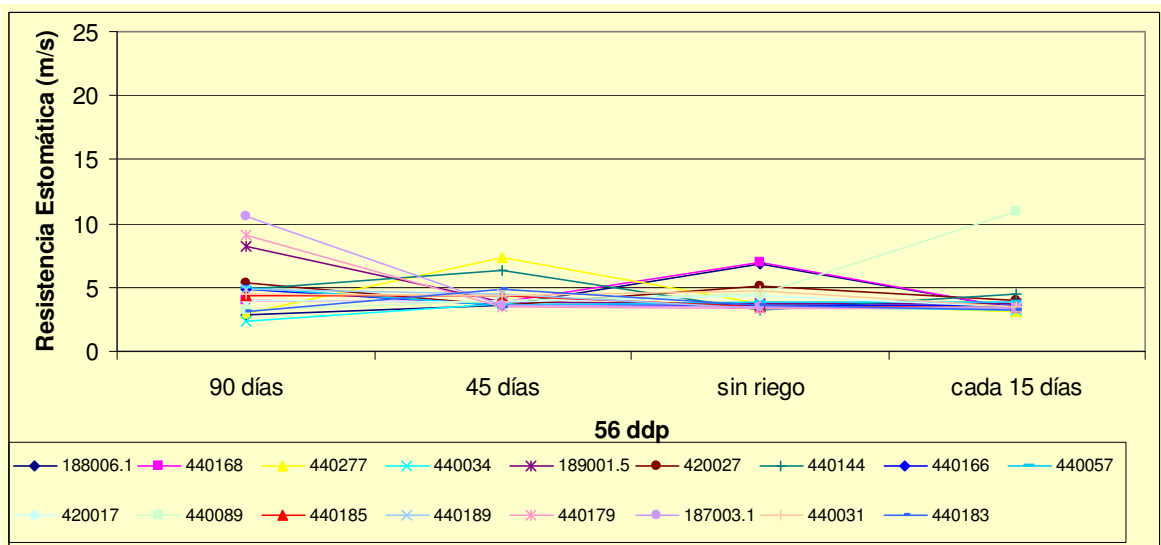


Figura 4: Respuesta de la cobertura de los 17 cultivares a los diferentes tratamientos de riego. Durante el tiempo que duró el experimento

A)



B)

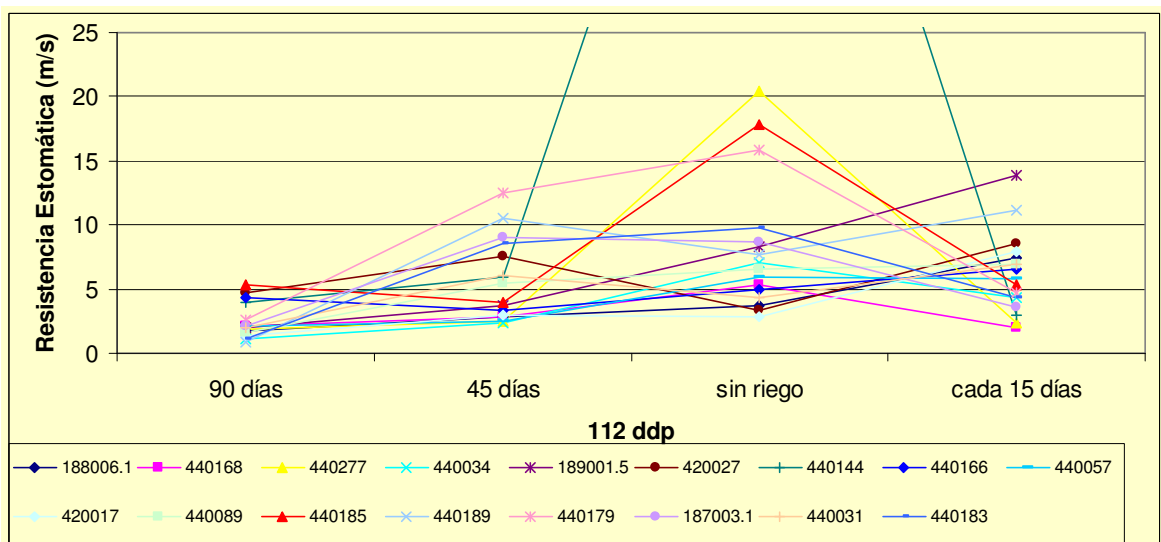
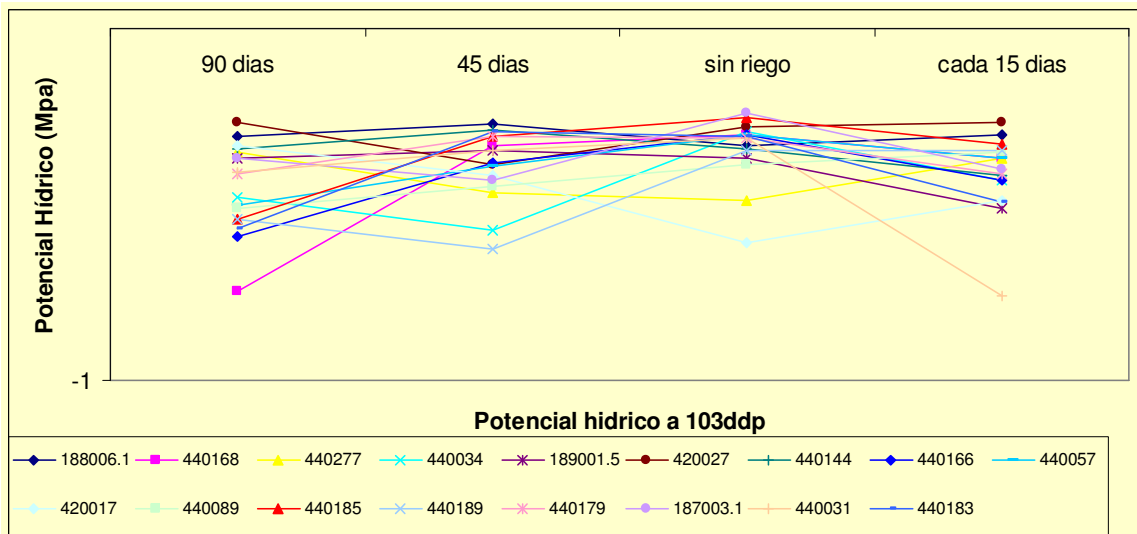


Figura 5: Variación de la resistencia estomática de los 17 cultivares en cada tratamiento evaluado. La figura A corresponde a la evaluación realizada a los 56 d.d.p. (B) la evaluación realizada a los 112 d.d.p.

A)



B)

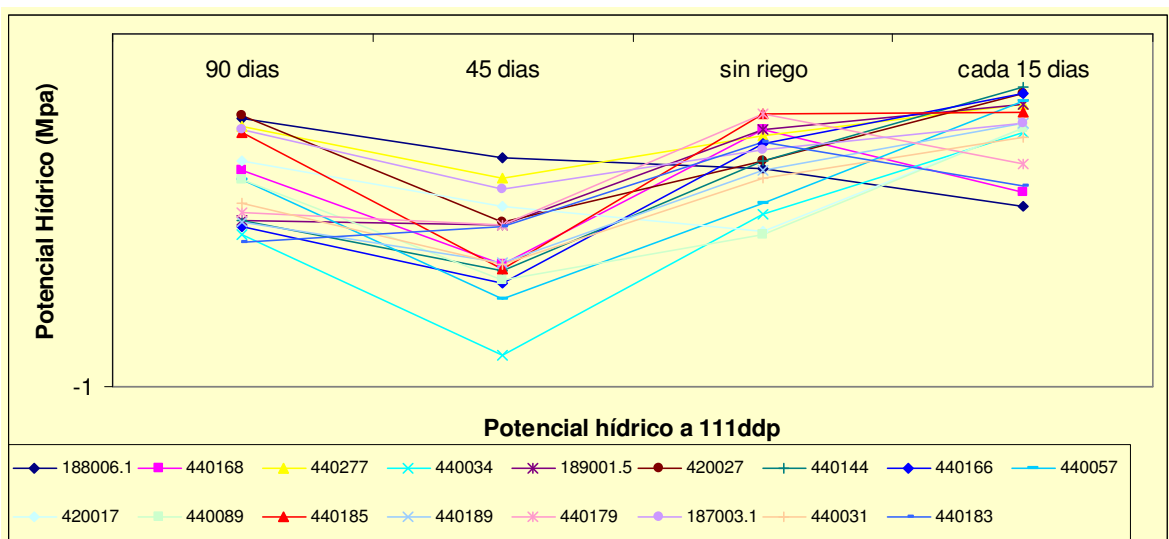
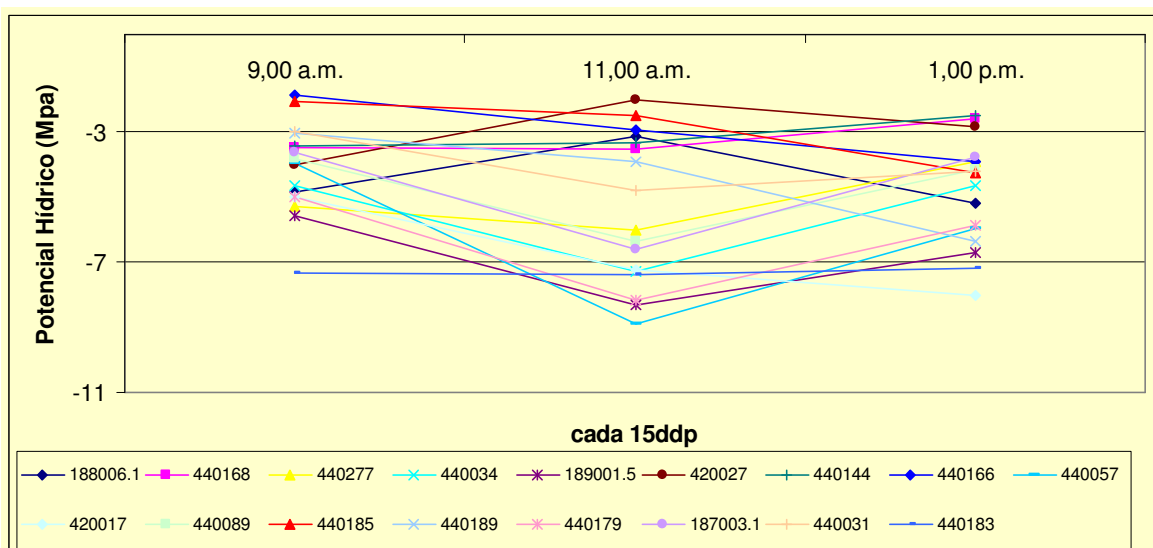


Figura 6: Comparación de los Potenciales Hídricos Foliares de los 17 cultivares en los diferentes tratamientos de riego. En dos fechas de evaluación 103 d.d.p. (A) y 111 d.d.p. (B). MPa = megapascales

A)



B)

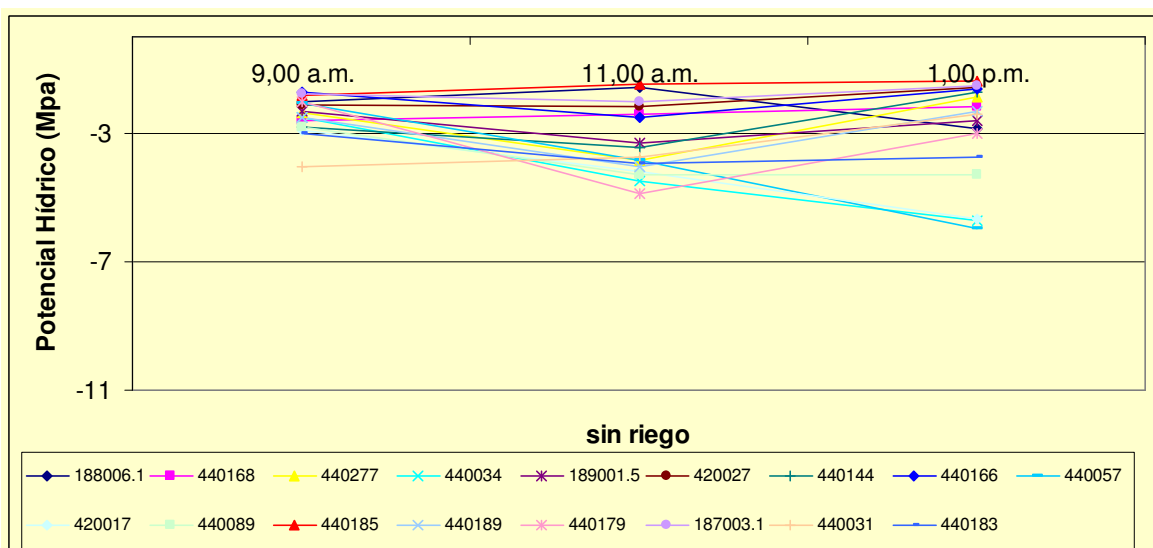


Figura 7: Comparación de la variación, en un día, de los Potenciales Hídricos Foliares de los 17 cultivares en sólo dos tratamientos de riego, sin riego y riego cada 15 días (A) y a los 118 d.d.p. (B). MPa = megapascuales



Figura 8: Comparación a la cosecha del Peso Fresco (Kg) por planta (Raíces Reservantes y Follaje), en los 17 cultivares para los cuatro tratamientos.

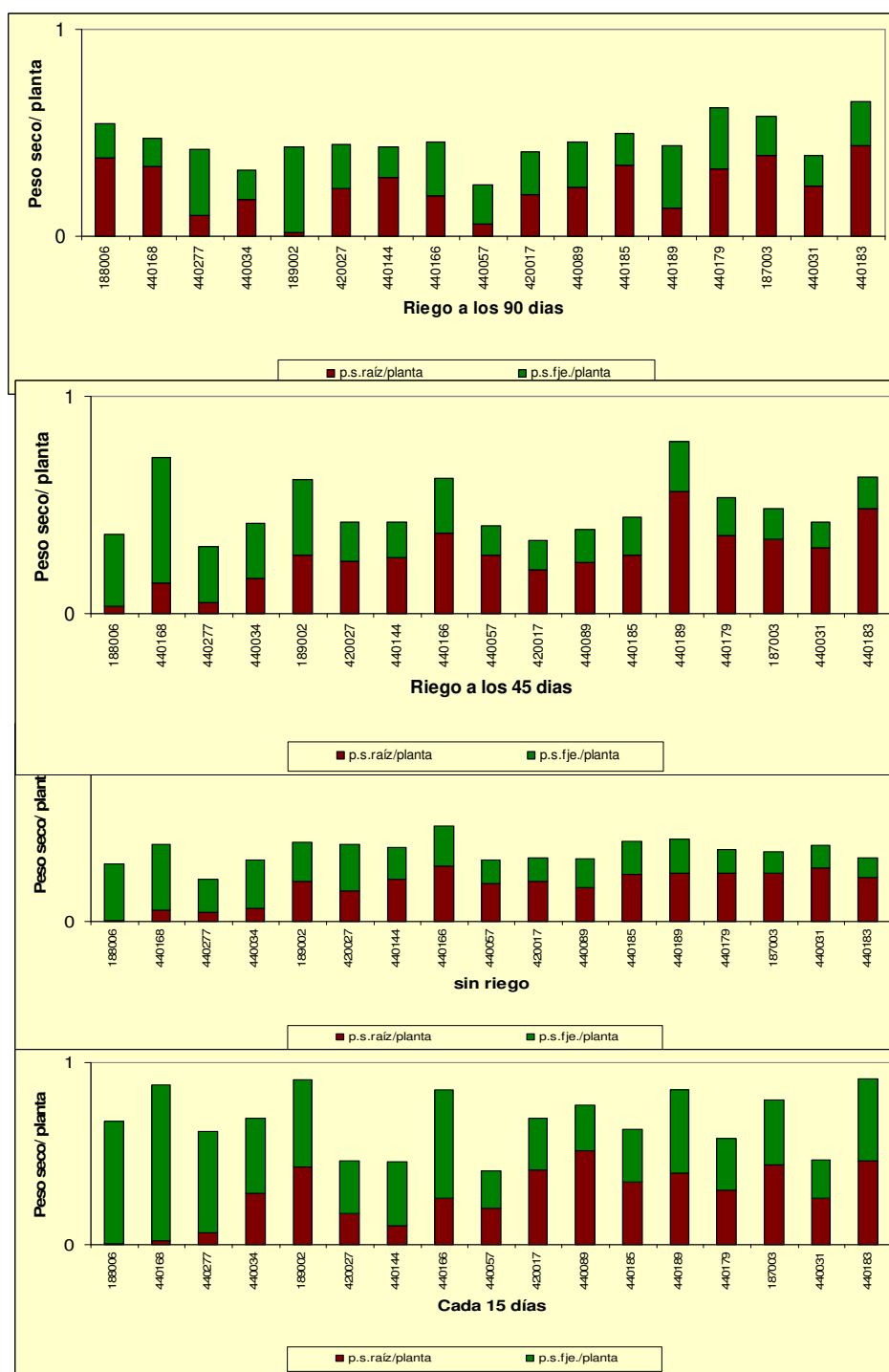


Figura 9: Comparación a la cosecha del Peso Seco (Kg) por planta (Raíces Reservantes y Follaje) en los 17 cultivares para los cuatro tratamientos.

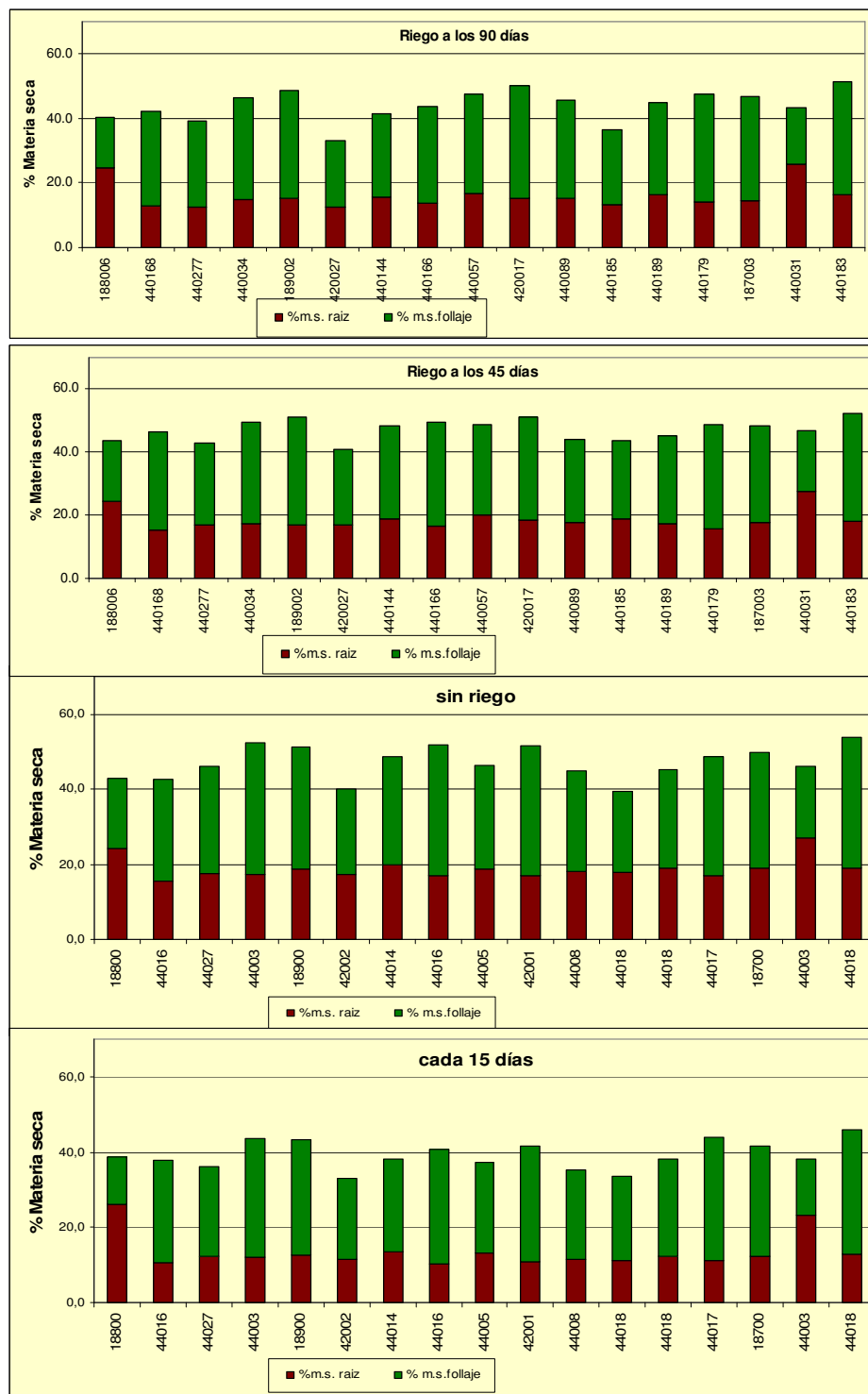


Figura 10: Comparación a la cosecha del Porcentaje de Materia Seca de las Raíces Reservantes y del Follaje, en los cuatro tratamientos para los 17 cultivares.

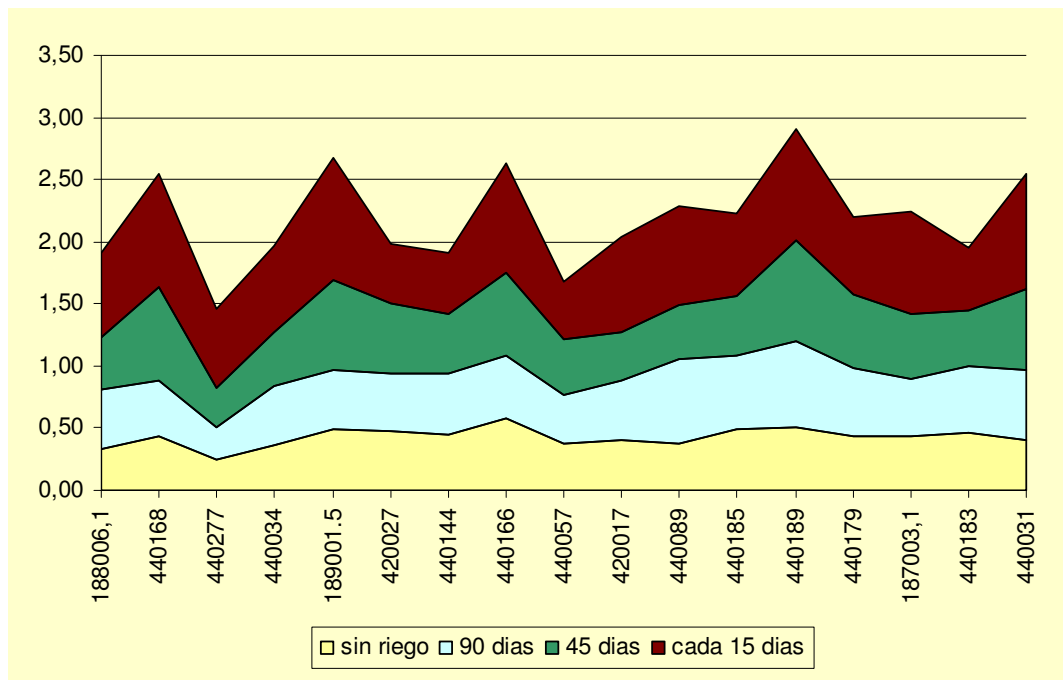


Figura 11: Comparación del Peso Seco Total (Kg.) por planta. Entre los cuatro tratamientos. A la cosecha para los 17 cultivares.

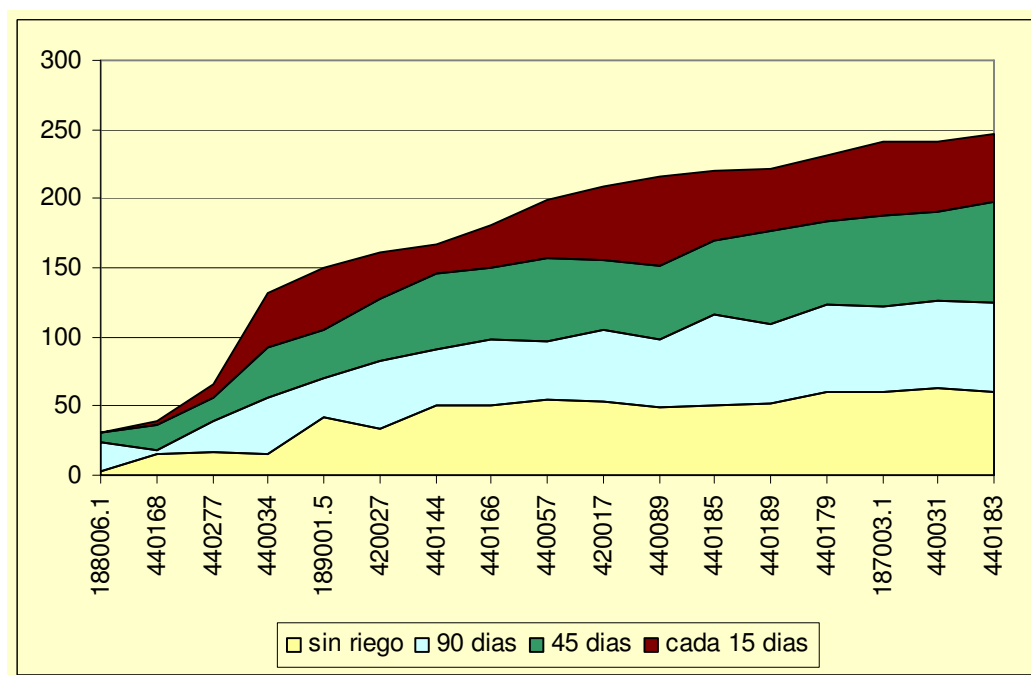


Figura 12: Comparación de los índices de cosecha en base al Peso seco. Entre todos los tratamientos. A la cosecha para los 17 cultivares

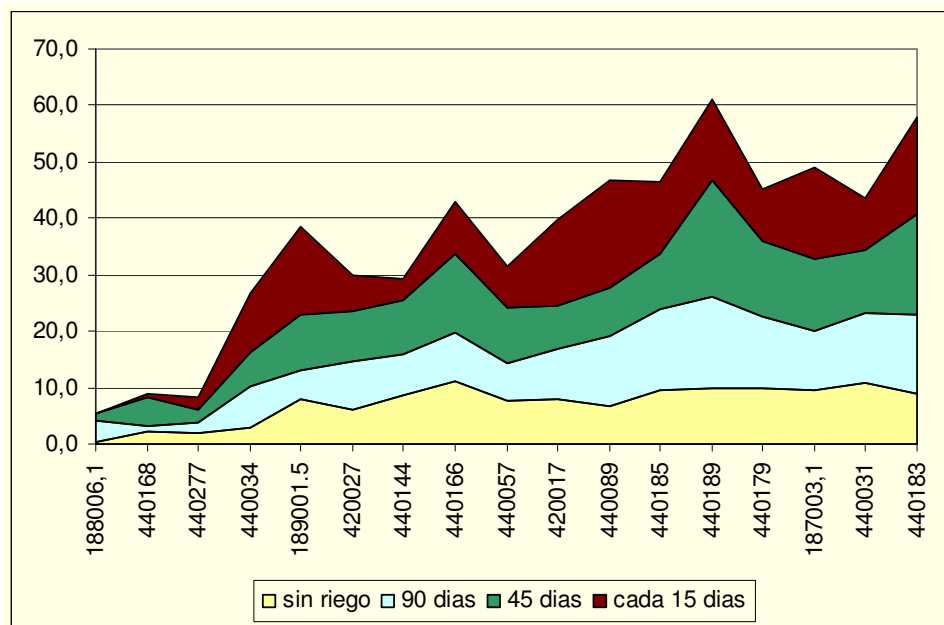


Figura 13: Comparación de los rendimientos, por cultivar, en base al peso seco (Tn/Ha). Entre los tratamientos. Datos tomados en la cosecha

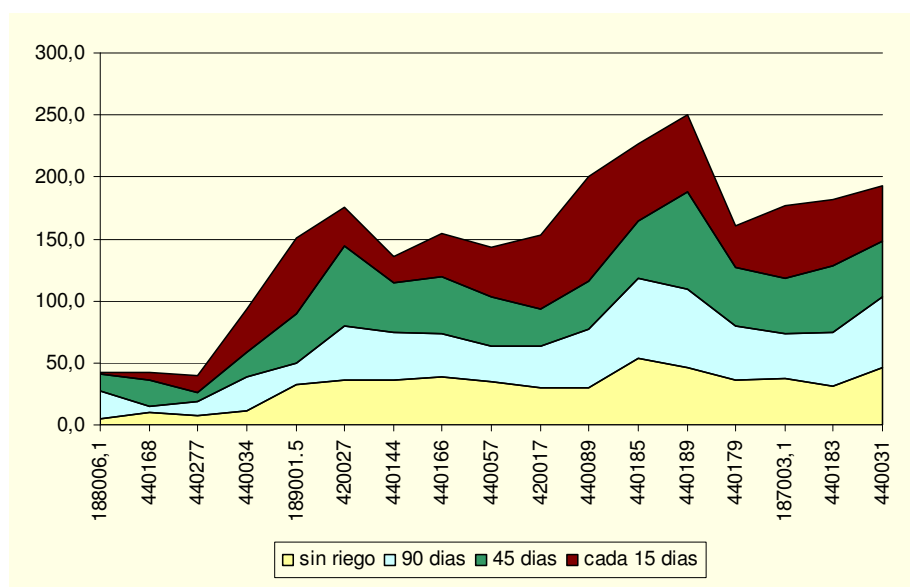


Figura 14: Comparación de los Rendimientos, de los tratamientos a la cosecha, por cultivar, en base a peso fresco (Tn/Ha).

Para la cobertura, de acuerdo a la Figura 4, se puede ver un comportamiento similar, para todos los cultivares, hasta el día 70 d.d.p., respondiendo posteriormente cada cultivar de acuerdo al tratamiento de riego; es decir, es después de este tiempo en que los efectos de la deficiencia de agua se hacen notorios en el crecimiento del follaje, esta respuesta es bastante uniforme para todos los cultivares, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994). Por lo que podemos aseverar que el nivel hídrico del suelo está relacionado directamente con el crecimiento del follaje en todos los cultivares probados en el presente trabajo.

En el caso de la transpiración también se ve una respuesta similar a la del follaje (Figura 5); es decir, como se ve a los datos tomados en los 56 d.d.p., todos los cultivares presentan una baja resistencia estomática, esto es debido principalmente a dos factores, i) a que la estructura del follaje de *I. batatas* protege al suelo de la evaporación y ii) las plantas puestas como borde, entre cada tratamiento, aun no estaban lo suficientemente crecidas como para retener la humedad que provenía de los tratamientos vecinos. Pero a los 112 d.d.p. se pueden ver grandes diferencias entre los cultivares, especialmente, en el tratamiento sin riego en donde se observan las máximas resistencias, que como es esperado, es una respuesta al déficit de agua (Barceló et al, 2005).

En la figura 6 se puede observar que el comportamiento de los potenciales hídricos foliares en los 17 cultivares y en las dos fechas de evaluación no tienen una relación con los tratamientos ya que los tratamientos con riego a los 90 y 45 días presentaron valores más bajos que el tratamiento en sequía y el de riego cada 15 días. También se ven aparentes contradicciones entre los valores de los tratamientos de sequía y riego cada 15 días (figura 6), cuando se tomaron las medidas en el transcurso del día, siendo más bajas en el tratamiento de riego continuo, lo que nos hace suponer de una situación estresante cuando hay mucho agua en el suelo, es decir, que estos cultivares son susceptibles al exceso de agua. Aunque según Thammasak et al (1991) el potencial hídrico foliar no es un buen parámetro para determinar estrés en camote, por el contrario podríamos pensar que se trata de cultivares sensibles al exceso de agua en el suelo ya que según Kramer (1990) el exceso de agua también provoca ajustes osmóticos foliares con el consecuente cierre estomático.

Con respecto a los pesos frescos (figura 8) de las raíces reservantes y follaje por planta observamos que el tratamiento con riego continuo siempre favorece a todos los cultivares, mientras que en los demás tratamientos el peso fresco se ve disminuido, esto es debido a que el crecimiento celular depende de la turgencia de las mismas (Barceló, 2005), además se puede observar que el agua hace que el follaje crezca más que las raíces, comparado al resto de los tratamientos, en todos los cultivares, inclusive en algunos de ellos el follaje llega a dominarlas; por lo que a éstos podrían ser usados como forrajeros bajo estas condiciones.

El peso seco es una manera indirecta de ver la actividad fotosintética, por lo que podemos afirmar, de lo visto en la figura 9, que la fotosíntesis también se ve afectada por los diferentes niveles de agua en el suelo. Lo interesante que hay que resaltar es que en el tratamiento sin riego se presentan valores un poco más homogéneos que en los otros tratamientos y favoreciendo más el llenado de las raíces reservantes, esto quiere decir que en condiciones de sequía las raíces adquieren más fuerza que el follaje, o dicho de otra manera, la translocación de asimilatos es mayor hacia las raíces.

Por las razones antes mencionadas, es que observamos que los valores de porcentaje de materia seca (figura 10) se ven bastante uniformes entre los cultivares y entre los tratamientos, que prácticamente no hay diferencias entre ellos. También en la figura 11 se puede observar lo dicho en el párrafo anterior, es decir, a pesar de la deficiencia de agua, la transpiración y potenciales hídrico casi no se ven afectados, debido principalmente a una regulación osmótica a nivel foliar (Garner et al, 1992) , lo que hace posible que los estomas no se cierren totalmente y por lo tanto continúe la actividad fotosintética, haciendo así que las raíces reservantes adquieran mayor fuerza y direccionen mayor cantidad de asimilatos hacia estos órganos de reserva.

Los datos de índice de cosecha (figura 12), rendimiento en base al peso seco (figura 13) y en base al peso fresco (figura 14), nos sirven para tener una idea de cual fue la respuesta a nivel de cada cultivar, y como se ve, existe una respuesta particular en cada uno de ellos; es decir, no sólo el agua limita la producción de raíces reservantes sino también la localidad donde se cultivan, ya que intervienen parámetros ambientales propios de la región (Pallais, com. per.)

4.4.- ANALISIS DE LAS RESPUESTAS FISIOLÓGICAS DE CADA UNO DE LOS CULTIVARES

Cultivar 188006.1:



Figura 15: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 188006.1. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

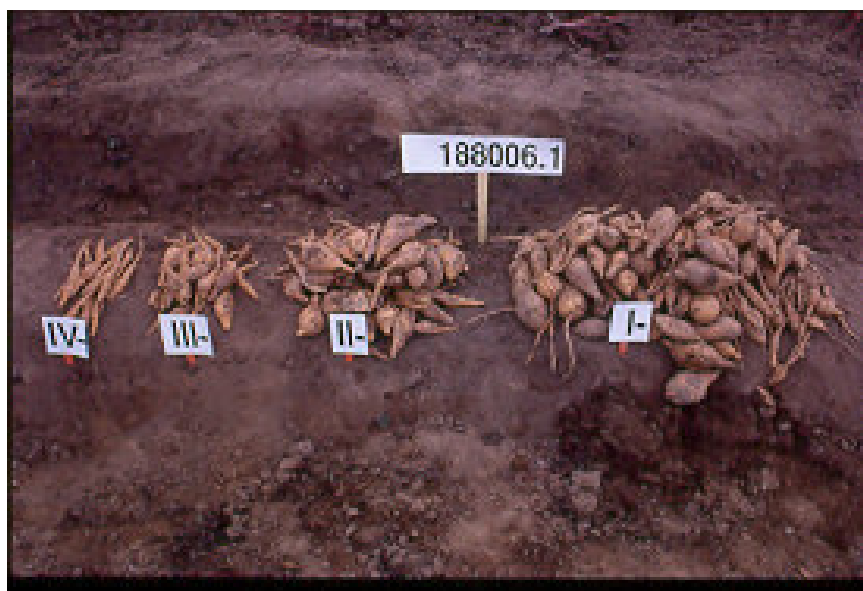


Figura 16: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 188006.1. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 2. Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar 188006.1.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	21,481	18,519	24,444	38,519	78,4 ***
49	41,481	34,815	47,407	62,963	144,5 ***
70	68,889	88,889	78,518	88,148	88,7 ***
91	76,296	85,926	74,815	99,259	126,7 ***
98	60,741	88,148	74,815	100,00	286,9 ***
112	60,000	80,000	71,111	100,00	286,4 ***
133	59,259	71,852	59,259	100,00	369,1 ***
140	71,111	64,444	57,778	94,815	260,2 ***
147	75,556	51,111	46,667	94,815	504,25 ***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	2,800	3,600	6,800	3,370	3,2 n.s.
112	1,700	2,900	3,700	7,470	6,2 *
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,307	-0,273	-0,333	-0,303	0,06 n.s.
111	-0,240	-0,353	-0,380	-0,486	1,0 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,203	-0,483	3,92 n.s.
11,00 a.m.			-0,156	-0,313	1,22 n.s.
1,00 p.m.			-0,286	-0,516	2,64 n.s.

A la Cosecha						
%m.s.follaje	15,550	19,286	18,843	12,607	9,8	*
% m.s. raíz	24,693	24,455	24,114	26,126	0,8	n.s.
Índice cosecha	21,392	7,571	2,105	0,371	90,8	***
pf.raíz/planta	0,603	0,366	0,134	0,050	0,1	n.s.
Pf.fje./planta	2,070	1,710	1,736	5,487	3,4	n.s.
Psraíz/planta	0,100	0,036	0,007	0,003	0,0	n.s.
p.s.fje./planta	0,321	0,329	0,306	0,677	0,03	n.s.
pstotal/planta	0,469	0,420	0,338	0,689	0,02	n.s.
rdto. P.f.	22,321	13,553	4,973	1,835	84,9	***
rdto. P.s.	3,713	1,336	0,274	0,118	2,8	n.s.
p.s.raíz no c.	0,048	0,055	0,025	0,009	0,0	n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

p.s. raíz no c.= peso seco de raíz no comercial (Kg)

El crecimiento del follaje depende mucho de la cantidad de agua que contenga el suelo, esto se puede ver muy bien en los datos de la cobertura, en donde se observa que la cobertura en el tratamiento sin riego llega a ser menor que los demás tratamientos al final del experimento, y la mayor cobertura está en el tratamiento de riego continuo, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994); este hecho está relacionado con el tamaño de la hoja y también con el tiempo de vida de las mismas siendo menor en el tratamiento sin riego. Sin embargo, también hay que resaltar el hecho de que las plantas del tratamiento de riego a los 90 días no desarrollan mucha cobertura y esto es debido principalmente a la textura del suelo donde fue cultivada. Además, como se observa en las graficas de la humedad relativa del aire (figura 3), a pesar que la humedad aumentó hacia el final del experimento, ésta no tuvo mayor significancia en el crecimiento del follaje.

Esta relación del agua con el follaje también se ve reflejada en los datos

de resistencia estomática y de hecho tendrá influencia sobre la tasa fotosintética. El hecho que en la primera evaluación no se observen diferencias significativas en las resistencias entre los tratamientos, quiere decir que las plantas aún tienen humedad en el suelo, desde el momento en que se regó para instalar el experimento; aunque se puede observar una mayor resistencia en el tratamiento sin riego, lo cual es comprensible debido a que se está consumiendo el agua del suelo por la planta; sin embargo, en la segunda evaluación se puede ver mayor resistencia estomática en el tratamiento de riego continuo, esto es una respuesta frecuente en plantas que se encuentran bajo estrés por inundación (Kramer et al, 1995), esto quiere decir que este cultivar sería susceptible al exceso de agua en el suelo debido a que presenta un mayor cierre estomático comparado con los demás tratamientos, lo que nos sugiere la idea de que estas plantas deben ser regadas con menor cantidad de agua de lo que fue hecho en el presente trabajo.

Pero, sin embargo, los datos de potencial hídrico foliar nos dicen que estas plantas no están en un estado de estrés ni por exceso ni por deficiencia de agua, mas bien, lo que puede estar sucediendo es que tienen un mecanismo de osmorregulación, por lo que no se ven cambios significativos del potencial hídrico a nivel de hojas, necesario para no disminuir la fotosíntesis, tal como lo reporta Garner et al (1992), quien afirma que el potencial hídrico foliar de camote no disminuye hasta que la humedad del suelo llega al 10%; por lo que según Thammansak et al (1991) el potencial hídrico no es un buen indicador del estatus hídrico de camote; este hecho se comprueba cuando observamos los datos del potencial hídrico durante el día y donde no se observan diferencias significativas. De todo lo anterior podemos deducir que el mecanismo de apertura y cierre de los estomas no tiene relación con el potencial hídrico foliar.

El efecto de este mecanismo se ve reflejado en los datos de peso seco y fresco del follaje por planta, el rendimiento basándose en el peso seco. Pero, esto no se ve reflejado en los datos de porcentaje de materia seca del follaje puesto que en este parámetro intervienen otros componentes además de los productos fotosintéticos.

En cuanto a las raíces reservantes, este mismo mecanismo de regulación osmótica a nivel foliar, y que lo más probable es que sea también reflejo de una osmorregulación a nivel radicular, para no afectar la tasa fotosintética, hace que

no hayan diferencias significativas en cuanto a porcentaje de materia seca de la raíz, peso fresco raíz por planta, peso seco raíz por planta, peso seco total por planta.

Las diferencias significativas halladas en los valores de índice de cosecha y rendimiento en base al peso fresco, es debida a que la etapa crítica para recibir agua de estas plantas es en los últimos días de cultivo (riego a los 90 días), es decir, si cultivamos este cultivar en un terreno que sea similar al nuestro bastaría un solo riego al final del período de cultivo.

Cultivar 440168:



Figura 17: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440168. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

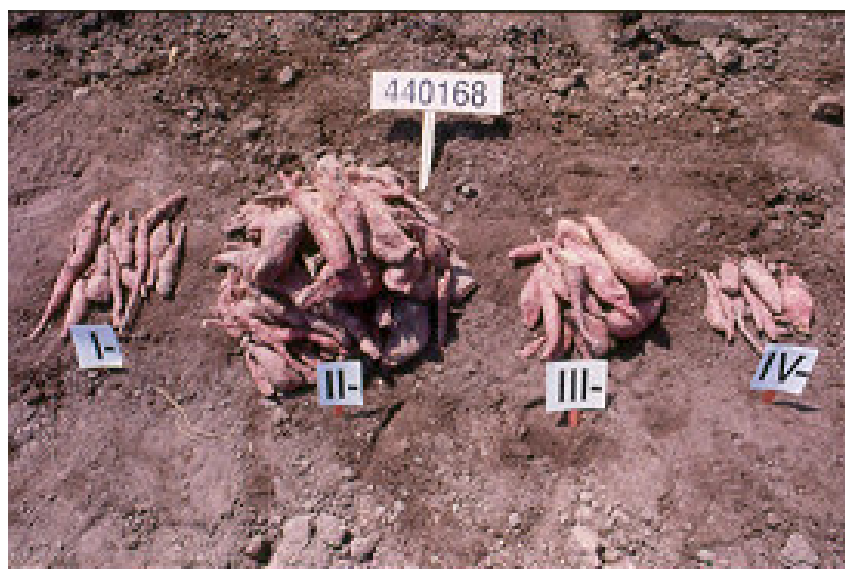


Figura 18: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440168. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 3: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar 440168.

	Tratamientos					
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR.	
Cobertura (%)						
35	20,000	25,926	22,963	43,704	113,40	***
49	47,407	42,222	43,704	61,481	77,31	**
70	65,185	83,704	77,037	99,259	202,05	***
91	76,296	94,815	89,630	100,00	103,66	***
98	64,444	89,630	85,926	100,00	223,28	***
112	60,741	92,593	88,148	100,00	293,50	***
133	69,630	80,000	75,556	100,00	173,52	***
140	79,259	82,222	68,889	100,00	167,35	***
147	82,222	79,259	62,963	100,00	230,26	***
Resistencia Estomática (s/m)						
56	4,000	3,800	6,940	3,330	2,68	n.s.
112	2,100	2,900	5,300	2,000	2,36	n.s.
Potencial Hídrico Foliar (MPa)						
103	-0,746	-0,333	-0,300	-0,367	4,34	n.s.
111	-0,386	-0,653	-0,273	-0,446	2,53	n.s.
118 durante el día						
9,00 a.m.			-0,263	-0,347	0,35	n.s.
11,00 a.m.			-0,240	-0,350	0,60	n.s.
1,00 p.m.			-0,216	-0,256	0,08	n.s.

A la cosecha						
% m.s.follaje	12,842	15,289	15,685	10,620	5,6	*
% m.s. raíz	29,352	30,984	26,941	27,119	3,7	n.s.
índice cosecha	3,187	17,866	14,745	3,461	57,8	**
p.f.raíz/planta	0,123	0,593	0,268	0,156	0,04	n.s.
p.f.fje./planta	3,195	3,769	2,294	8,142	6,8	*
p.s.raíz/planta	0,018	0,140	0,064	0,022	0,0	n.s.
p.s.fje./planta	0,411	0,577	0,357	0,858	0,05	n.s.
p.s.total/planta	0,447	0,759	0,435	0,900	0,05	n.s.
rdto. P.f.	4,563	21,951	9,908	5,790	63,0	**
rdto. P.s.	0,655	5,172	2,370	0,850	4,4	n.s.
p.s.raíz no c.	0,019	0,042	0,014	0,020	0,0	n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

La alta humedad en el suelo provoca que el follaje de este cultivar alcance el 100 % rápidamente y lo mantenga por tiempo prolongado. Lo que no ocurre con los demás tratamientos que no alcanzan el 100 %; siendo el tratamiento de riego a los 90 días el más afectado por la reducción de su cobertura. Nuevamente se puede ver que el tratamiento sin riego tiene mejor cobertura, hasta más allá de los 98 días después de plantado, que los otros dos tratamientos de un momento de riego (45 y 90 días), lo cual ocurre debido a la proximidad de los tratamientos de riego continuo y sin riego. Por otro lado, la poca cobertura mostrada por el tratamiento de riego a los 90 días está asociado a un mal manejo al momento de regar el campo, o también puede ser debido a que en esa zona la cantidad de arena en el suelo sea mayor que en el resto de los otros tratamientos por lo que el agua percola con mucha facilidad. Por lo que se comprueba que la humedad del suelo limita el crecimiento del follaje, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994), además, este es un hecho que es considerado normalmente para la producción de camote (Kemble, 1992).

Sin embargo, en los datos de resistencia estomática vemos que en todos los tratamientos no hay cierre estomático evidente ni en la primera ni en la segunda evaluación; esta respuesta nos está indicando que la cantidad de agua en el suelo no fue un factor estresante para este cultivar ya que permitió que los estomas siguieran abiertos.

Tampoco se ve diferencias en los datos de potencial hídrico foliar, ya que como se ha visto en el párrafo anterior la humedad del suelo no fue un factor estresante, además, debemos de tener en cuenta que es muy probable que haya un sistema de osmoregulación foliar que permite que la planta siga fotosintetizando a pesar de la falta de humedad en el suelo. También se ve esto en los datos durante el transcurso de la mañana.

Lo visto anteriormente tiene como resultado que los siguientes parámetros no tengan diferencias significativas: porcentaje de materia seca de la raíz, peso fresco y seco de la raíz, peso seco del follaje, rendimiento basándose en el peso seco, lo que estarían diciendo estos datos es que la diferencia de peso fresco es debida a la mayor o menor acumulación de agua dentro de la planta. Además, los parámetros de índice de cosecha y rendimiento basándose en el peso fresco nos indican que a este cultivar le favorece un riego en los primeros 45 días después de plantado. Además, podemos afirmar que la apertura estomática no favorece el llenado de las raíces, sino más bien el incremento del follaje, cuando los niveles de agua edáfica se presentan altos.

Cultivar 440277

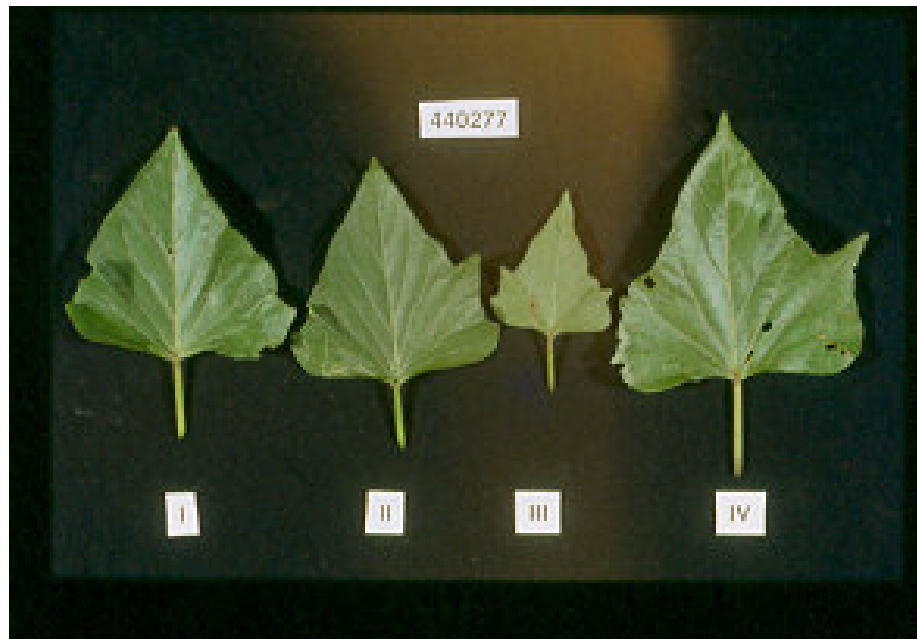


Figura 19: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440277. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 20: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440277 I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 4: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440277**.

	Tratamientos					
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR	
Cobertura (%)						
35	14,815	15,556	15,556	25,185	24,50	**
49	44,444	33,333	34,815	61,481	167,66	***
70	44,444	78,519	71,111	97,037	475,68	***
91	62,963	89,630	85,185	100,00	243,62	***
98	60,000	88,148	86,667	100,00	285,32	***
112	60,741	80,000	87,407	100,00	269,72	***
133	85,185	70,370	82,222	90,370	71,83	**
140	91,852	74,815	79,259	100,00	133,28	***
147	93,333	74,815	75,556	95,556	124,55	***
Resistencia Estomática (s/m)						
56	3,000	7,400	3,750	3,160	4,29	n.s.
112	1,900	2,500	20,400	2,370	82,36	**
Potencial Hídrico Foliar (MPa)						
103	-0,353	-0,467	-0,487	-0,367	0,46	n.s.
111	-0,263	-0,406	-0,287	-0,200	0,74	n.s.
118 durante el día						
9,00 a.m.			-0,237	-0,530	4,30	n.s.
11,00 a.m.			-0,383	-0,600	2,34	n.s.
1,00 p.m.			-0,187	-0,390	2,06	n.s.

A la cosecha						
% m.s.follaje	12,552	16,749	17,500	12,333	7,40	*
% m.s. raíz	26,782	26,242	28,684	23,877	3,91	n.s.
índice cosecha	22,498	16,557	16,922	10,522	23,94	**
p.f.raíz/planta	0,281	0,226	0,208	0,350	0,004	n.s.
p.f.fje./planta	1,530	1,558	1,040	4,484	2,47	n.s.
p.s.raíz/planta	0,059	0,053	0,048	0,064	4,86	n.s.
p.s.fje./planta	0,191	0,255	0,180	0,558	0,03	n.s.
p.s.total/planta	0,268	0,316	0,240	0,641	0,03	n.s.
rdto. P.f.	10,393	8,362	7,710	12,950	5,56	*
rdto. P.s.	2,181	1,973	1,765	2,354	0,06	n.s.
p.s.raíz no c.	0,018	0,008	0,012	0,019	2,69	n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

Este cultivar llega rápidamente al 100% de su cobertura, pero la vida de sus hojas es menor que en los demás por eso que en el tratamiento de riego continuo se observan datos mayores y menores en el transcurso del cultivo. Los otros tratamientos, principalmente riego a los 45 días y sin riego, provocan, no sólo una reducción del tamaño de la cobertura sino también que las hojas vivan menos tiempo. Como se vió anteriormente, se observó el mismo comportamiento que las plantas del tratamiento sin riego, es decir mejor cobertura, durante los primeros 90 días del experimento, que los otros dos tratamientos que recibieron agua en un momento del periodo de cultivo, debido principalmente a la proximidad con el tratamiento de riego continuo. Por lo que se comprueba, nuevamente, que la humedad del suelo limita el crecimiento del follaje, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994), además, este es un hecho que es considerado normalmente para la producción de camote (Kemble, 1992).

Los datos de resistencia estomática nos indican que si bien al comienzo no se ven diferencias entre los tratamientos, debido a que hay suficiente cantidad de agua en el suelo; pero el cierre estomático es paulatino, es decir, una vez que las plantas que estuvieron plantadas entre los tratamientos alcanzaron un buen desarrollo radical y absorben el exceso de agua del tratamiento de riego continuo, provocan una disminución en la cantidad de agua en el suelo, ocasionando que en el tratamiento sin riego se sienta con mayor intensidad la deficiencia de agua, por lo que la resistencia estomática es mayor en este tratamiento a los 112 d.d.p..

Sin embargo los datos de potencial hídrico foliar no presentan diferencias significativas, ni en ambas evaluaciones ni en el transcurso de la mañana, lo que quiere decir que hay un mecanismo de osmoregulación foliar para que a pesar del cierre estomático no se vea afectada la fotosíntesis, por lo que según Thammansak et al (1991) el potencial hídrico no es un buen indicador del estatus hídrico de camote.

Estos mecanismos fisiológicos de ajustes osmóticos a nivel foliar tienen su respuesta a nivel de producción de la planta, es así que los valores de porcentaje de materia seca de la raíz, peso fresco y seco de la raíz y el follaje, el peso seco total de la planta y el rendimiento en base al peso seco, no se observan diferencias significativas. Las diferencias significativas que se encuentran a nivel de índice de cosecha es que en el tratamiento de riego a los 90 días las raíces tuvieron mayor fuerza para obtener asimilatos, ya que si vemos los datos de resistencia estomática y potencial hídrico foliar estos son similares a los del tratamiento de riego continuo; las diferencias encontradas a nivel de rendimiento en base al peso fresco es debido a que hay una mayor acumulación de agua en las raíces reservantes. Por lo que podemos aseverar que la fotosíntesis no fue afectada, a pesar del cierre estomático en el tratamiento sin riego, lo que también quiere decir es que probablemente RUBISCO sea una enzima sumamente eficiente en este cultivar, o que para este cultivar el cierre estomático no fue tan severo como para perjudicar la fotosíntesis.



Figura 21: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440034. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 22: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440034 I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 5: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440034**.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	25,926	30,370	21,482	37,778	48,3 ***
49	51,852	48,148	40,741	65,185	104,8 ***
70	72,593	80,000	76,296	98,519	132,6 ***
91	84,444	92,593	88,148	99,259	40,6 ***
98	78,518	89,630	88,148	100,00	77,3 ***
112	79,259	91,111	82,963	100,00	85,0 ***
133	88,889	91,111	74,074	97,037	95,3 ***
140	92,593	86,667	78,519	98,519	72,9 ***
147	93,333	87,407	71,852	94,815	110,2 ***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	2,400	3,700	3,540	3,290	0,3 n.s.
112	1,100	2,300	7,100	4,350	6,9 *
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,480	-0,573	-0,293	-0,433	1,4 n.s.
111	-0,567	-0,913	-0,513	-0,280	6,8 *
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,253	-0,467	2,3 n.s.
11,00 a.m.			-0,450	-0,730	3,9 n.s.
1,00 p.m.			-0,570	-0,467	0,5 n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	14,859	17,153	17,233	11,980	6,1 *
% m.s. raíz	31,689	32,449	35,223	31,720	2,8 n.s.
índice cosecha	40,857	36,317	15,548	38,942	17,5 ***
p.f.raíz/planta	0,715	0,555	0,312	0,943	0,1 n.s.
p.f.fje./planta	1,725	1,455	1,469	3,498	1,0 n.s.
p.s.raíz/planta	0,198	0,164	0,074	0,283	0,01n.s
p.s.fje./planta	0,255	0,251	0,263	0,409	0,01n.s
p.s.total/planta	0,481	0,431	0,362	0,700	0,02n.s
rdto. P.f.	26,471	20,529	11,549	34,886	96,7 ***
rdto. P.s.	7,313	6,078	2,790	10,469	10,1 **
p.s.raíz no c.	0,029	0,015	0,026	0,008	n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial (Kg)

La cobertura de este cultivar está también influenciada por el régimen de agua, aunque no desarrolla mucha cobertura, se puede observar que a mayor frecuencia de riego la planta alcanza una gran cobertura muy rápidamente, pero cuando carece de agua su cobertura se reduce, básicamente por reducción del tamaño de las hojas además el tiempo de vida de las mismas se reduce considerablemente, debido principalmente a la presencia de hormonas tales como ABA y etileno (Salisbury et al, 1994). También, se puede observar esta influencia en el tratamiento de 45 días; pero en el tratamiento de 90 días, aparentemente, hay una reducción de la cobertura después de aplicar el riego, esto puede ser debido principalmente al tipo de suelo en el que estuvo plantado este cultivar, ya que hay zonas del terreno en que se trabajó, que contenían mayor cantidad de arena y lo más probable es que este haya sido el tipo de suelo en el que estuvo creciendo, ya que como se sabe los suelos arenosos retienen poca cantidad de agua ya que la pierden por percolación y evaporación; y el aumento posterior de la cobertura en este tratamiento fue debido a que las

garúas, para esa época, se habían incrementado bastante (ver Tabla de temperatura y humedad del aire).

Esta variación en el tamaño de la cobertura no se ve reflejada en los datos de resistencia estomática, en la primera evaluación, esto podría deberse a que en los primeros días de la planta, ésta necesita tener los estomas abiertos para no perjudicar la fotosíntesis y así tener un rápido crecimiento de la parte vegetativa. Pero sí hay diferencias en la segunda evaluación, en donde, como ocurre en la mayoría de especies, la resistencia estomática es mayor en el tratamiento de sequía, debido al cierre estomático.

El hecho que en la primera evaluación de resistencia estomática no se vean diferencias, se ve también reflejado en los datos de potencial hídrico donde también las diferencias son no significativas, pero en la segunda evaluación, se observa que a este cultivar le afecta, a nivel osmótico, la interrupción del riego cuando éste se realiza al comienzo del cultivo (45 d.d.p.), a pesar que tiene una muy baja resistencia estomática en este tratamiento; es más afectado que el tratamiento sin riego, inclusive, probablemente a este cultivar le resulta difícil adaptarse a condiciones de sequía después que se le suprime el agua, sin embargo cuando desde el comienzo se le impone la sequía se va regulando osmóticamente paulatinamente; aunque de todas maneras se necesita agua para poder fotosintetizar mejor, por lo que según Thammansak et al (1991) el potencial hídrico no es un buen indicador del estatus hídrico de camote.

Por este motivo es que no hay diferencias significativas en los siguientes parámetros de evaluación: porcentaje de materia seca de las raíces peso fresco de las raíces y del follaje por planta, peso seco de las raíces y del follaje por planta, así como del peso seco total por planta.

Las diferencias que se encuentran en los datos de rendimiento basándose en el peso fresco, siendo el tratamiento de riego continuo con el mejor promedio, son debidas a un mayor ingreso de agua a la planta.

Las diferencias que se encuentran en los datos de rendimiento en peso seco podría explicarse de la siguiente manera, si bien los datos de materia seca de raíz, tanto en porcentaje como en peso, no son diferentes estadísticamente, las variaciones mostradas en los datos de potencial hídrico y resistencia estomática en cada tratamiento, siendo siempre mejores para el tratamiento de

riego continuo, nos indica que ha habido una mayor actividad fotosintética, es decir que a pesar de los mecanismos de osmorregulación que presentan estas plantas siempre la carencia de agua afecta la fotosíntesis.

Cultivar 189001.5



Figura 23: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 189001.5. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 24: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 189001.5 I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 6: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **189001.5**.

	Tratamientos					
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR	
Cobertura (%)						
35	31,111	24,444	19,259	34,074	44,40	**
49	50,370	41,481	44,444	62,222	84,13	***
70	68,148	74,815	70,370	89,630	93,42	***
91	73,333	78,519	78,518	100,00	140,65	***
98	75,556	77,037	68,148	100,00	189,62	***
112	60,000	62,963	64,444	100,00	355,55	***
133	74,815	63,704	49,630	93,333	340,54	***
140	69,630	51,852	51,111	100,00	524,18	***
147	80,000	54,074	51,852	100,00	524,73	***
Resistencia Estomática (s/m)						
56	8,200	3,800	3,670	3,760	4,96	*
112	2,000	3,700	8,300	13,900	28,39	**
Potencial Hídrico Foliar (MPa)						
103	-0,367	-0,347	-0,367	-0,513	0.59	n.s.
111	-0,527	-0,540	-0,273	-0,200	3.02	n.s.
118 durante el día						
9,00 a.m.			-0,230	-0,557	5,33	*
11,00 a.m.			-0,330	-0,833	12,66	**
1,00 p.m.			-0,263	-0,670	8,27	*

A la cosecha					
% m.s.follaje	15,140	16,827	18,765	12,639	6,8 *
% m.s. raíz	33,674	34,194	32,573	30,791	2,3 n.s.
índice cosecha	27,388	36,099	42,027	43,816	54,8 **
p.f.raíz/planta	0,495	1,076	0,858	1,653	0,2 n.s.
p.f.fje./planta	2,001	2,139	1,154	3,863	1,3 n.s.
p.s.raíz/planta	0,135	0,267	0,216	0,427	0,02 n.s.
p.s.fje./planta	0,303	0,350	0,214	0,476	0,01 n.s.
p.s.total/planta	0,469	0,720	0,497	0,984	0,06 n.s.
rdto. P.f.	18,135	39,820	31,748	61,166	324,5 ***
rdto. P.s.	4,987	9,884	7,995	15,786	20,7 **
p.s.raíz no c.	0,031	0,103	0,067	0,081	0,00 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

Se puede observar en este cultivar la influencia del agua sobre el crecimiento del follaje, ya que cuando hay alta humedad en el suelo la cobertura llega al 100%, mientras que los otros tratamientos no lo hacen así. El hecho que los otros tres tratamientos presenten una cobertura similar es debido a la poca cantidad de agua en el suelo. Hay dos hechos saltantes en estos tratamientos: a) en el de riego a los 90 días se ve un incremento al final del experimento (147 d.d.p.) esto es debido a un ingreso no deseado de agua; b) en el caso del tratamiento sin riego, donde la cobertura es muy similar al de riego a los 45 días, es debido a un paso de agua desde el tratamiento de riego continuo, a pesar que se plantaron esquejes de un cultivar de camote que no intervino en el experimento, esto se ve especialmente durante las primeras semanas. Las coberturas menores en estos tres tratamientos son debidas no solo a la reducción del tamaño de las hojas sino también al menor tiempo de vida de las mismas (Barceló et al, 2005).

Los datos de resistencia estomática nos dicen que este cultivar entra en un

proceso de estrés por el exceso de agua, ya que es en el tratamiento de riego continuo donde se observa una mayor resistencia estomática, especialmente hacia el final del experimento, esto coincide con lo dicho por Kramer (1995) quien afirma que en estado de hipoxia o anoxia se limita la cantidad de ATP en las raíces lo que promueve la síntesis de ABA con el consecuente cierre estomático.

Si bien de acuerdo a los resultados de resistencia estomática decimos que el tratamiento de riego continuo entra en un estado de estrés, los resultados de potencial hídrico no se relacionan con este hecho, ya que los valores en este tratamiento son los más altos y no hay diferencias significativas con los demás tratamientos, lo que nos demuestra que la apertura estomática no depende del potencial hídrico foliar, por tanto además este parámetro de evaluación no serviría para medir efectivamente estrés hídrico, lo que estaría en concordancia con lo dicho por Thammansak et al (1991). Debido a esta última afirmación es que se ven diferencias significativas en el potencial hídrico durante el día, siendo las plantas del tratamiento de riego continuo las que estarían más estresadas que las del tratamiento sin riego, lo que sugiere una sensibilidad de este cultivar al exceso de agua en el suelo.

Este es un cultivar que le favorece un riego continuo, lo que se ve reflejado en los rendimientos tanto en peso seco como fresco, y llegando a tener así un mejor índice de cosecha, peso fresco de raíces y follaje por planta. En cuanto a la acumulación de materia seca se puede ver también lo mismo; pero en cuanto a materia seca entre las raíces no se puede ver grandes diferencias entre los tratamientos. El hecho que en los datos de materia seca para las raíces (porcentaje y peso seco) no se observen diferencias significativas nos demuestra que en este cultivar la fotosíntesis no es afectada por los diferentes regímenes de agua, es decir que tanto la fijación de CO_2 y la translocación no se ven afectados, ni siquiera con el cierre estomático que se observó en la resistencia estomática para el tratamiento de riego continuo, esto quiere decir que hay un ajuste osmótico foliar, como se observa en los resultados de potencial hídrico durante el día. Además, podríamos estar ante dos situaciones, una en que el cierre estomático no es suficiente como para impedir la fijación de CO_2 , y dos, que la eficiencia de la enzima Rubisco sea muy alta en la fijación de éste gas.

Cultivar 420027

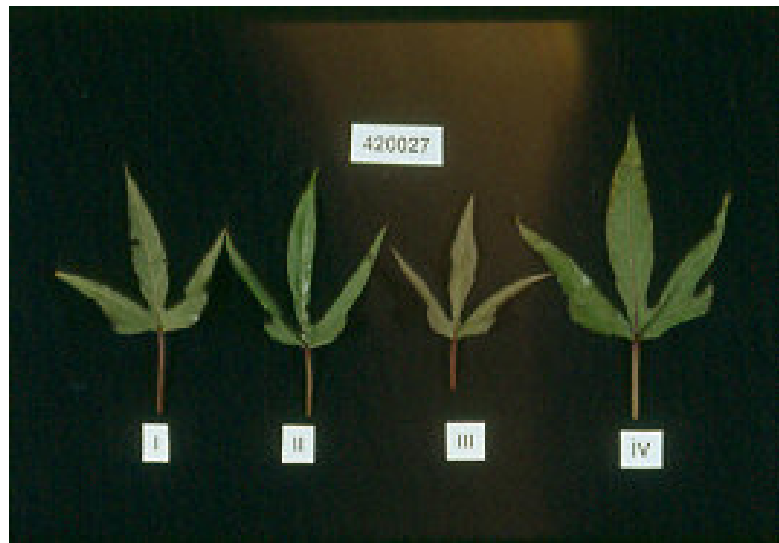


Figura 25: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 420027. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 26: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 420027: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 7: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **420027**.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR

Cobertura (%)

35	15,556	20,000	20,000	21,481	6,6 *
49	31,111	42,222	40,741	48,148	49,8 **
70	60,741	85,185	78,518	89,630	161,3 ***
91	60,741	79,259	77,037	100,00	259,3 ***
98	52,593	71,852	67,407	100,00	392,7 ***
112	49,630	68,889	69,630	100,00	433,3 ***
133	46,667	59,259	50,370	96,293	516,2 ***
140	65,185	60,741	54,074	97,037	363,8 ***
147	60,000	54,074	38,519	80,000	294,3 ***

Resistencia Estomática (s/m)

56	5,300	3,600	5,150	3,980	0,7 n.s.
112	4,700	7,500	3,400	8,560	5,7 *

Potencial Hídrico Foliar (bar)

103	-0,267	-0,387	-0,280	-0,267	0,3 n.s.
111	-0,233	-0,533	-0,360	-0,167	2,6 n.s.
118 durante el día					
9:00 a.m.			-0,213	-0,403	1,8 n.s.
11:00 a.m.			-0,217	-0,200	0,01 n.s.
1:00 p.m.			-0,157	-0,283	0,8 n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	12,543	16,787	17,233	11,610	8,3 *
% m.s. raíz	20,681	24,036	22,709	21,317	2,2 n.s.
índice cosecha	49,226	44,305	33,614	34,076	5,7 *
p.f.raíz/planta	1,172	1,753	0,983	0,851	0,2 n.s.
p.f.fje./planta	3,675	1,096	1,489	2,485	1,3 n.s.
p.s.raíz/planta	0,233	0,240	0,166	0,170	0,0 n.s.
p.s.fje./planta	0,210	0,180	0,253	0,291	0,0 n.s.
p.s.total/planta	0,460	0,571	0,474	0,472	0,0 n.s.
rdto. P.f.	43,352	64,847	36,364	31,054	220,3***
rdto. P.s.	8,632	8,863	6,134	6,295	2,2 n.s.
p.s.raíz no c.	0,017	0,151	0,055	0,011	0,0 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

En este cultivar también se puede evidenciar el efecto del agua sobre el follaje, ya que a mayor cantidad de agua en el suelo también habrá mayor cobertura foliar. Sin embargo vemos que en los otros tres tratamientos (riego a los 45 días, 90 días y sin riego) el follaje no crece mucho, a pesar que en dos de ellos se aplicó riego, por lo que se comprueba que la humedad del suelo limita el crecimiento del follaje, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994), además, este es un hecho que es considerado normalmente para la producción de camote (Kemble, 1992).

El tiempo de vida de las hojas también se ve afectada por el riego, es decir, a menor riego menor tiempo de vida de las hojas, esto es debido al incremento en concentraciones de hormonas como el ABA y etileno bajo condiciones de estrés ambiental (Salisbury et al, 1994).

En los datos de resistencia estomática ocurre algo aparentemente contradictorio, ya que como se sabe cuando las plantas tienen agua los estomas están abiertos, pero aquí se da en forma opuesta, la resistencia estomática es

mayor en el tratamiento de riego continuo; Kramer (1995) explica que este efecto es debido a que cuando las raíces tienen poca aireación, por el exceso de agua, las raíces carecen de energía para la incorporación de nutrientes, lo que ocasiona que entre en estado de estrés provocando la síntesis de ABA que actúa inmediatamente cerrando los estomas, y lo que demostraría además que este cultivar es mas bien susceptible al exceso de agua.

Este cultivar no solo se regula ante el estrés hídrico abriendo y cerrando sus estomas sino también se regula osmóticamente, por lo que los valores de potencial hídrico foliar no presentan diferencias significativas, es por esta razón que muchos investigadores afirman que el potencial hídrico foliar no es una buena herramienta para demostrar el estado de estrés hídrico en camote (Thammansak et al, 1991)

Este proceso de osmorregulación se ve reflejado en los datos de porcentaje de materia seca de raíz, peso fresco de raíz y follaje, y lo mismo ocurre en peso fresco y seco de raíz y follaje, peso seco total, rendimiento basándose en el peso seco, en donde no se observan diferencias significativas; aunque donde encontramos mayor diferencia entre los tratamientos es en el rendimiento basándose en el peso fresco, que nos estaría diciendo que en el tratamiento de riego cada 45 días es en el que se acumula mayor cantidad de agua en las raíces.

Lo que nos demuestra que a este cultivar le conviene el riego en los primeros días de establecido el cultivo (45 días). A este cultivar no le conviene mucho riego ni tampoco nada de riego. A pesar de que su cobertura crece rápidamente con un riego frecuente y puede llegar al 100%, este hecho hace que la planta no transloque los asimilatos hacia la raíz, ya que lo está haciendo hacia el órgano aéreo (enviciamiento); caso contrario, si no hay agua, el follaje disminuye considerablemente y no afecta considerablemente la fotosíntesis; por otro lado, con un solo riego al final (90 días) no se alcanza el máximo rendimiento porque parece que la presencia de agua a los 90 días provoca un desbalance en la translocación, por eso le es conveniente a este cultivar ser regado al comienzo del cultivo.

Cultivar 440144

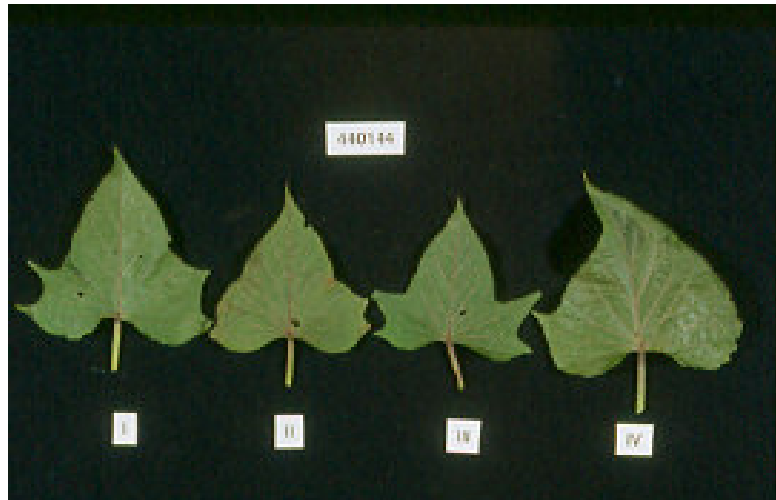


Figura 27: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440144. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 28: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440144: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 8: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440144**.

	Tratamientos					
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR	
Cobertura (%)						
35	20,741	25,185	19,259	29,630	21,9	**
49	35,556	45,185	37,778	54,074	70,0	**
70	71,111	88,889	71,852	95,556	150,9	***
91	83,704	97,037	84,444	100,00	71,1	**
98	86,667	95,556	85,185	100,00	50,5	**
112	91,111	98,519	82,963	100,00	61,2	**
133	91,852	89,630	76,296	95,556	70,4	**
140	94,815	88,148	79,259	94,074	51,7	**
147	96,296	88,148	76,296	88,889	68,4	**
Resistencia Estomática (s/m)						
56	4,800	6,400	3,230	4,480	1,7	n.s.
112	4,000	5,900	64,800	2,960	916,9	***
Potencial Hídrico Foliar (MPa)						
103	-0,340	-0,287	-0,340	-0,420	0,3	n.s.
111	-0,527	-0,670	-0,360	-0,153	4,9	*
118 durante el día						
9,00 a.m.			-0,280	-0,343	0,2	n.s.
11,00 a.m.			-0,343	-0,333	0,0	n.s.
1,00 p.m.			-0,173	-0,250	0,3	n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	15,615	18,786	19,844	13,350	8,8 *
% m.s. raíz	25,973	29,732	28,850	24,907	5,3 *
índice cosecha	41,173	54,017	50,176	22,114	202,4 ***
p.f.raíz/planta	1,039	1,064	0,981	0,596	0,05 n.s.
p.f.fje./planta	1,359	0,894	0,865	2,599	0,7 n.s.
p.s.raíz/planta	0,199	0,257	0,229	0,108	0,0 n.s.
p.s.fje./planta	0,212	0,162	0,171	0,347	0,01 n.s.
p.s.total/planta	0,482	0,478	0,455	0,496	0,00 n.s.
rdto. P.f.	38,431	39,373	36,286	22,037	65,6 **
rdto. P.s.	7,366	9,507	8,466	4,011	5,7 *
p.s.raíz no c.	0,043	0,059	0,062	0,040	0,0 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

Este cultivar llega a desarrollar una buena cobertura con el tratamiento de riego continuo, en los demás tratamientos se ve el efecto de la deficiencia de agua sobre el crecimiento del follaje, es decir, como es de esperar, el que crece menos es aquel al que se le mantiene sin regar. Pero el desarrollo de un 85% de cobertura en el día 98, nos está diciendo que realmente hubo una filtración de agua hacia el tratamiento sin riego, aunque posteriormente declina debido básicamente a la absorción del exceso de agua por parte del cultivar de camote usado entre los tratamientos. En los tratamientos de 90 y 45 días las coberturas no llegan al 100% pero basta un riego para que estas desarrollen más follaje, por lo que se comprueba que la humedad del suelo limita el crecimiento del follaje, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994), además, este es un hecho que es considerado normalmente para la producción de camote (Kemble, 1992).

Esta diferencia en cuanto a crecimiento foliar también se ve reflejada en la resistencia estomática, si bien durante la primera evaluación no se observan

diferencias significativas debido a que el suelo aún retiene humedad o que la planta puede seguir tomando agua a pesar del déficit; en la segunda evaluación se ve que las plantas del tratamiento sin riego muestran una gran resistencia estomática, lo que es esperado ya que bajo estas condiciones los estomas se cierran. También nos está diciendo que a pesar del riego continuo, no hubo respuestas de mayor resistencia estomática, que sí sucedería en cultivares sensibles a grandes cantidades de agua en el suelo, por tanto este cultivar tolera mejor los suelos con alta humedad, pero por la misma razón es más sensible a la disminución de la humedad.

Por los datos anteriores se puede ver que el potencial hídrico foliar no sufre diferencias significativas a la primera evaluación; y durante la segunda evaluación las diferencias no son muy significativas especialmente entre el tratamiento sin riego y riego continuo, y más aún teniendo en cuenta los valores de potenciales tomados durante el día, en donde no hay diferencias significativas, a pesar que el tratamiento sin riego presenta una gran resistencia estomática, lo que nos dice que hay un mecanismo de osmoregulación foliar; por esta razón Thammansak et al (1991) menciona que el potencial hídrico foliar no es un buen parámetro para medir el estrés en camote. Probablemente el hecho que el tratamiento sin riego esté tan cerca del tratamiento de riego continuo, por un lado, y por el otro, el hecho que conforme avanzaba el experimento en el tiempo, la humedad del aire se incrementaba (ver Datos Meteorológicos. Figura 3), hace que los estomas de las hojas de las plantas, en el tratamiento sin riego, no se cierren totalmente provocando el ajuste osmótico en las hojas. Este hecho le permite a este cultivar estar fijando CO_2 a pesar del cierre estomático.

De acuerdo con los porcentajes de materia seca de la raíz se puede ver que a este cultivar le favorece tener riego durante los primeros 45 días de cultivo, época de crecimiento y llenado de las raíces, y se ve mas bien afectado por un suelo muy húmedo.

Lo mismo ocurre también en los datos de índice de cosecha, peso fresco de raíces por planta, peso seco de raíz por planta, rendimiento en base al peso fresco y seco en donde se acumula mayor cantidad de energía en las raíces del tratamiento de riego a los 45 días.

En este cultivar también se puede observar que un incremento de

humedad en el suelo provoca que el follaje sea el órgano que acumule mayor cantidad de energía de la fotosíntesis y también tenga mayor cantidad de agua, esto se puede ver en los datos de peso fresco y seco del follaje por planta, es decir, que este cultivar desarrolla más su follaje por efecto del agua; así como también, requiere de poca cantidad de agua en el suelo para que sean las raíces las que tengan más fuerza y sobretodo si solo recibe agua durante los primeros 45 días de crecimiento.

Cultivar 440166

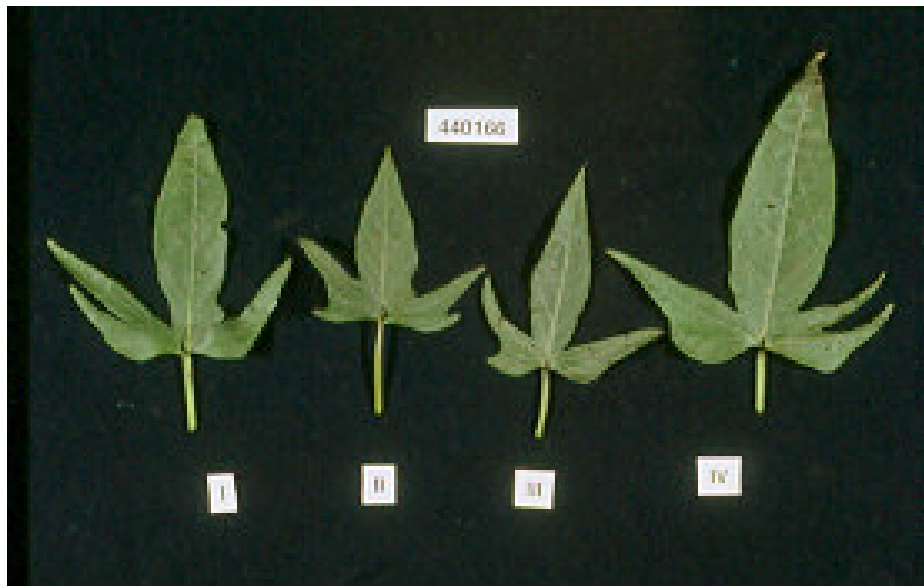


Figura 29: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440166. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 30: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440166: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 9: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440166**.

	Tratamientos					
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR	
Cobertura (%)						
35	12,593	16,296	14,815	21,481	14,3	**
49	31,111	32,593	35,556	39,259	12,9	**
70	65,185	62,222	71,111	75,556	35,7	**
91	70,370	81,481	88,889	100,00	155,5	***
98	64,444	87,407	90,370	100,00	227,0	***
112	65,185	91,852	83,704	100,00	222,0	***
133	73,133	87,407	74,815	100,00	156,6	***
140	74,815	86,667	78,518	100,00	124,5	***
147	78,518	85,926	68,148	100,00	179,4	***
Resistencia Estomática (s/m)						
56	4,800	3,600	3,590	3,630	0,4	n.s.
112	4,300	3,400	4,900	6,580	1,8	n.s.
Potencial Hídrico Foliar (MPa)						
103	-0,593	-0,380	-0,300	-0,433	1,5	n.s.
111	-0,547	-0,707	-0,313	-0,167	5,8	*
118 durante el día						
9,00 a.m.			-0,173	-0,187	0,01	n.s.
11,00 a.m.			-0,250	-0,293	0,1	n.s.
1,00 p.m.			-0,163	-0,393	2,6	n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	13,846	16,659	16,905	10,451	9,1 *
% m.s. raíz	29,739	32,923	34,901	30,318	5,7 *
índice cosecha	47,458	52,433	50,569	29,789	107,9 ***
p.f.raíz/planta	0,952	1,248	1,039	0,932	0,02 n.s.
p.f.fje./planta	1,562	1,556	1,331	5,792	4,7 n.s.
p.s.raíz/planta	0,237	0,371	0,300	0,256	0,0 n.s.
p.s.fje./planta	0,216	0,251	0,222	0,596	0,03 n.s.
p.s.total/planta	0,496	0,670	0,585	0,880	0,03 n.s.
rdto. P.f.	35,206	46,184	38,431	34,484	28,7 **
rdto. P.s.	8,759	13,732	11,118	9,481	4,9 *
p.s.raíz no c.	0,043	0,048	0,062	0,027	0,0 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

En este cultivar se puede observar que el suelo con gran humedad induce el mayor crecimiento del follaje llegando a cubrir el 100% de la cobertura en poco tiempo y manteniéndola así por tiempo prolongado, no sucediendo así con los demás tratamientos, la diferencia en tamaño es debida a que en las plantas con baja humedad presentan tallos, peciolos y láminas de las hojas más pequeñas; lo que pone en evidencia la acción de la hormona del estrés, el ácido abscísico, que es el causante de la reducción del tamaño del follaje. También se puede observar que hasta el día 98 las plantas del tratamiento sin riego tienen mejor cobertura que los otros dos tratamientos de riego en un solo momento (45 y 90 días), esto es debido al paso de agua del tratamiento de riego continuo al tratamiento sin riego, ya que ambas estuvieron muy cerca y las plantas que se pusieron como barrera entre ambos tratamientos no lograron sacar el exceso de agua del suelo, por no haber desarrollado bien su sistema radical; lo que también se observa en el tratamiento de riego a los 90 días es que su cobertura no aumenta mucho, esto se debería a dos factores: uno, la deficiencia de agua por un periodo de 90 días

afectó negativamente el crecimiento del follaje, tanto que le fue difícil recuperarse; y dos, el riego no fue el adecuado para que ocurra un buen crecimiento del follaje, y este punto está en relación directa con el tipo de suelo en el que crecieron estas plantas (ver Datos del Suelo. Tabla 1).

De acuerdo a los resultados de resistencia estomática, en los que se esperaba que hubiese una mayor resistencia estomática en las plantas sin riego, no sucede esto sino por el contrario no hay diferencias significativas entre los tratamientos; lo que nos quiere decir que los niveles de agua en el suelo, en todos los tratamientos, no fueron lo suficientemente críticos como para causar un cierre estomático; también hay que tener en cuenta que este cultivar está adaptado para las condiciones ambientales de extrema sequía en el África.

Para explicar este hecho observamos los datos de potencial hídrico foliar y vemos que tampoco hay diferencias significativas entre los tratamientos durante la primera evaluación; aunque en la segunda evaluación sí se tiene una pequeña diferencia, siendo los más afectados los tratamientos con un solo riego, lo que se podría interpretar de dos maneras: uno, el hecho de que aún no se ha conseguido un nivel de agua edáfica tan baja como para producir un efecto notable sobre el potencial hídrico foliar; y dos, que hay un proceso de osmoregulación foliar, así de esta manera pueden tener los estomas abiertos y seguir fotosintetizando. En los datos obtenidos durante el transcurso de la mañana se puede ver que el comportamiento es el mismo, estos datos corroboran lo dicho por Thammansak et al (1991) quien concluye que el potencial hídrico foliar no es un buen indicador de estrés hídrico en camote.

Los datos antes mostrados se ven reflejados en el porcentaje de materia seca de raíz y follaje, índice de cosecha, peso fresco y seco de las raíces, rendimiento basándose en el peso fresco y seco, en donde el tratamiento de riego continuo es el que tiene el menor valor que todos los demás. En cambio los valores de peso fresco y seco del follaje, y peso seco total de la planta muestran al tratamiento con riego continuo con el mayor valor; esto nos revela que a mayor humedad en el suelo la planta gana en peso fresco por la cantidad de agua que hay en su interior; además, se cambia la fuerza asimiladora, de las raíces al follaje, es decir es el follaje el que va a tener mayor fuerza para atraer hacia sí los asimilatos de la planta. Pero cabe resaltar que las plantas del tratamiento de

riego a los 45 días son las que tienen mejores valores, en cuanto a rendimiento y a Índice de Cosecha, lo que está de acuerdo con las condiciones en las cuales normalmente crece en África, donde lo cultivan al inicio de las lluvias, que por lo general ocurren una semana al año (Pallais, N.. comunicación personal)

Cultivar 440057

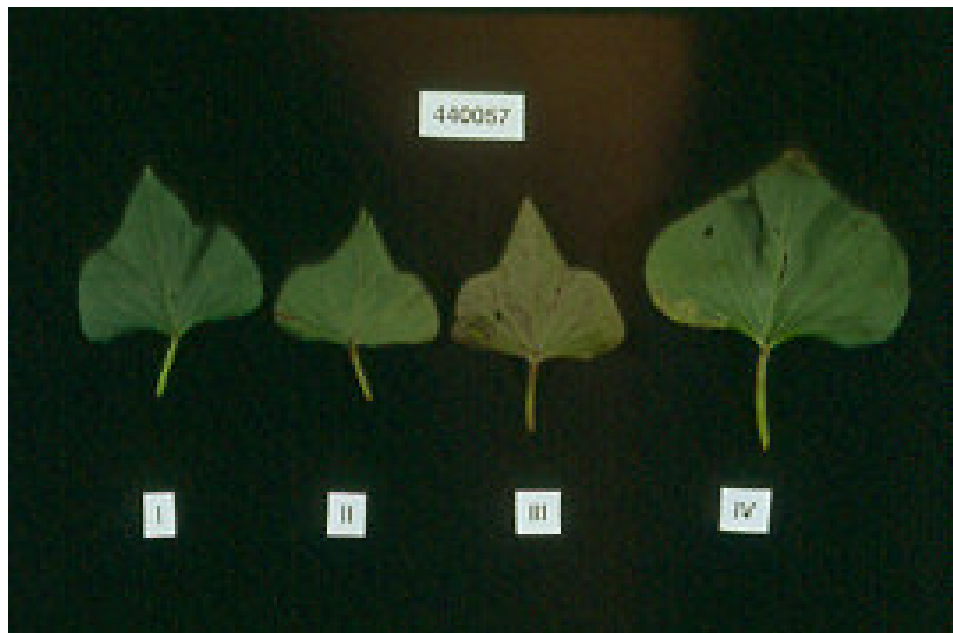


Figura 31: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440057. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días.



Figura 32: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440057. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días.

Tabla 10: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar 440057.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	19,259	18,519	18,519	25,185	10,4 **
49	29,630	35,556	42,963	51,111	86,5 ***
70	52,593	71,111	75,550	80,741	150,1 ***
91	59,259	85,185	81,482	87,407	167,7 ***
98	62,963	83,704	78,518	84,444	99,7 ***
112	61,482	74,074	75,556	94,815	189,3 ***
133	60,000	70,370	57,778	83,704	140,2 ***
140	69,630	53,333	57,778	91,852	297,0 ***
147	69,630	51,852	50,370	85,185	271,2 ***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	5,000	3,600	3,900	3,850	0,4 n.s.
112	2,100	2,500	5,900	5,780	4,2 n.s.
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,500	-0,393	-0,300	-0,367	0,7 n.s.
111	-0,413	-0,753	-0,480	-0,193	5,3 *
118 Horario					
9,00 a.m.			-0,207	-0,397	1,8 n.s.
11,00 a.m.			-0,387	-0,890	12,7 **
1,00 p.m.			-0,597	-0,597	0 n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	16,585	19,957	18,774	13,075	9,1 *
% m.s. raíz	31,096	28,631	27,714	24,144	8,3 *
ndice cosecha	41,128	60,483	55,157	42,546	90,2 ***
o.f.raíz/planta	0,796	1,074	0,933	1,070	0,02 n.s.
o.f.fje./planta	0,877	0,685	0,686	1,634	0,2 n.s.
o.s.raíz/planta	0,178	0,269	0,209	0,199	0,0 n.s.
o.s.fje./planta	0,142	0,135	0,125	0,204	0,0 n.s.
o.s.total/planta	0,391	0,445	0,382	0,462	0,0 n.s.
dto. P.f.	29,468	39,750	34,520	39,595	23,9 **
dto. P.s.	6,592	9,963	7,722	7,381	2,1 n.s.
o.s.raíz no c.	0,071	0,041	0,049	0,058	0,0 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial (Kg)

Al igual que los anteriores, este cultivar también muestra variaciones del crecimiento de su cobertura debido a la presencia de agua, es decir a mayor cantidad de agua mayor cobertura y también mayor tiempo de vida de las hojas. Aunque, este cultivar se caracteriza porque no extiende mucho su cobertura a pesar de la presencia de agua, ya que lo máximo que alcanzó fue 94% en el tratamiento de riego continuo, y como se ve, los tratamientos sin riego, riego a los 90 y 45 días presentan coberturas similares, especialmente hacia el final del experimento, esto es debido principalmente al aumento de humedad relativa del aire (ver Figura 3); además, podríamos interpretarlo también como una respuesta genética, ya que este cultivar va a tratar de mantener una cobertura, ni muy amplia ni muy reducida.

En el caso de la resistencia estomática, el hecho que no haya diferencias significativas en ninguno de los tratamientos, y que las resistencias sean reducidas, quiere decir que la falta de agua no afecta el cierre estomático. Si bien las plantas del tratamiento de riego continuo no llegan al 100%, y las plantas de

los otros tres tratamientos mantienen coberturas similares, esto nos habla de un mecanismo genético para no tener que desperdiciar energía en mantener un gran follaje y a la vez en optimizar energía cuando el agua disminuye en el suelo; pero esto tendría una relación indirecta con la transpiración y por ende con la fotosíntesis.

Los datos anteriores no deberían afectar el potencial hídrico, pero sin embargo en la segunda evaluación se observan diferencias significativas debidas a los diferentes ajustes osmóticos que realizan las plantas en cada régimen de agua, y principalmente para poder mantener los estomas abiertos, aún en el tratamiento sin riego. Los datos de potencial hídrico durante el transcurso del día muestran respuestas controvertidas ya que se esperaría que al mediodía haya menor potencial en las plantas de sequía, sin embargo ocurre todo lo contrario, lo que confirma los datos obtenidos por Thammansak et al (1991) donde concluye que el potencial hídrico foliar no es un buen parámetro para determinar estrés en camote, por el contrario podríamos pensar que se trata de un cultivar sensible al exceso de agua en el suelo ya que según Kramer (1995) el exceso de agua también provoca ajustes osmóticos foliares con el consecuente cierre estomático.

Estas respuestas en potencial hídrico foliar se ve reflejada en los datos de porcentaje de materia seca de la raíz y del follaje, y el índice de cosecha. Pero el hecho que las plantas no tengan diferencias significativas en la resistencia estomática, hace que los valores de peso fresco y seco de raíz y follaje, el peso seco total por planta, y el rendimiento en base al peso seco tampoco tengan diferencias significativas ya que las plantas en todos los tratamientos tuvieron oportunidad de fotosintetizar activamente; pero los resultados del rendimiento en base al peso fresco sí presentan diferencias significativas, esto es debido principalmente a las diferencias presentadas en disponibilidad de agua en el suelo.

De lo anteriormente visto se desprende que a este cultivar le conviene un riego en los primeros 45 días después de haberse establecido en campo, esto se comprueba por el mejor índice de cosecha en este tratamiento, así como el porcentaje de materia seca de follaje y raíz, peso seco de las raíces por planta, rendimiento sobre la base del peso fresco y seco. Lo que también se ve es que a mayor cantidad de riego este cultivar incrementa considerablemente su follaje en

desmedro de la acumulación de asimilatos en la raíz por eso que el peso fresco del follaje llega a ser mayor que en los otros tratamientos.

Cultivar 420017:

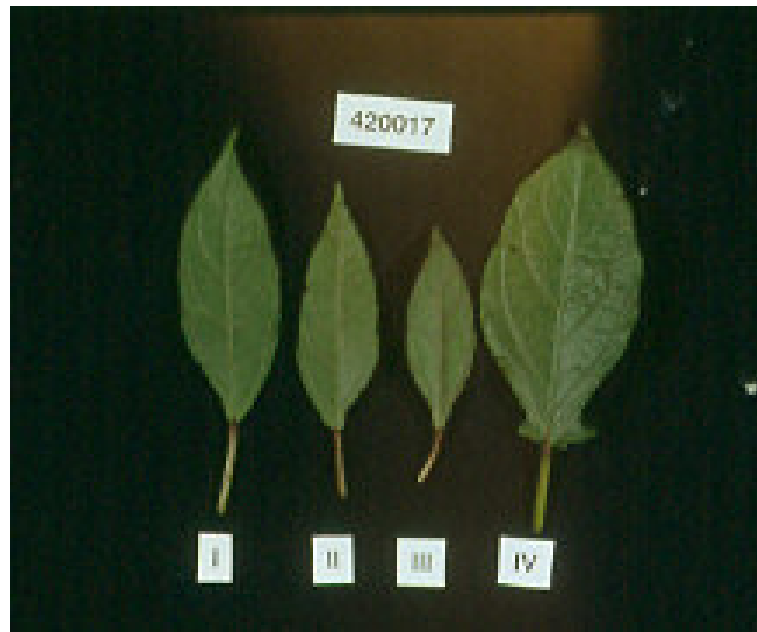


Figura 33: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 420017. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 34: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 420017. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 11: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar 420017.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	20,741	14,074	21,481	27,407	29,8***
49	37,037	25,926	37,778	55,556	150,1***
70	43,704	68,889	66,667	94,815	436,9***
91	46,667	62,963	74,815	95,556	423,4***
98	41,481	60,741	61,481	95,556	505,7***
112	35,556	58,518	60,741	94,074	580,5***
133	38,518	54,815	42,963	88,148	503,5***
140	52,593	44,444	51,111	81,482	270,2***
147	53,333	42,963	53,333	100,00	652,0***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	4,000	3,800	4,300	3,520	0,1 n.s.
112	1,400	3,000	2,900	7,860	7,9 *
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,333	-0,420	-0,607	-0,487	1,3 n.s.
111	-0,360	-0,487	-0,560	-0,267	1,7 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,293	-0,500	2,13 n.s.
11,00 a.m.			-0,420	-0,723	4,59 n.s.
1,00 p.m.			-0,567	-0,803	2,79 n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	15,219	18,540	17,099	11,016	10,7 **
% m.s. raíz	34,973	32,414	34,465	30,610	4,0 n.s.
índice cosecha	51,906	51,277	52,910	53,238	0,8 n.s.
p.f.raíz/planta	0,896	0,817	0,821	1,608	0,1 n.s.
p.f.fje./planta	1,008	0,716	0,821	2,607	0,8 n.s.
p.s.raíz/planta	0,241	0,202	0,217	0,412	0,01 n.s.
p.s.fje./planta	0,151	0,133	0,131	0,282	0,01 n.s.
p.stotal/planta	0,464	0,394	0,412	0,774	0,03 n.s.
rdto. P.f.	33,152	30,217	30,377	59,484	201,1 ***
Rdto. P.s.	8,913	7,487	8,011	15,241	13,0 **
p.s.raíz no c.	0,072	0,059	0,065	0,080	0,00 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

p.s. raíz no c.= peso seco de raíz no comercial

Para este cultivar el régimen de riego determina el aumento de la cobertura del follaje, es decir, depende del momento así como de la cantidad de agua que se le dé al cultivo, por lo que se comprueba que la humedad del suelo limita el crecimiento del follaje, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994). Además, podríamos afirmar, para este cultivar en particular, que a mayor cobertura mayor área fotosintetizante; cabe resaltar también, que el tratamiento sin riego tiene una cobertura de tamaño similar a los tratamientos de riego a los 45 y 90 días, es por esta condición que los valores de las características que se registraron en la cosecha, para estos tres tratamientos, son muy similares, diferenciándose del tratamiento de riego continuo por la mayor cantidad de agua en su interior y que beneficia al peso fresco y al seco al mejorar la fotosíntesis. La mayor cobertura está determinada por el mayor tamaño de las hojas y la mayor longitud de las ramas, a pesar de la posición vertical de las hojas de este cultivar.

En cuanto a los datos de resistencia estomática podemos observar que en

la primera evaluación al no haber diferencias significativas en las resistencias se entiende que las plantas aún no presentan síntomas de estrés, como el cierre estomático; en la segunda evaluación, la mayor resistencia estomática está en el tratamiento de riego continuo, lo que quiere decir que este cultivar entra en un estado de estrés causado por el exceso de agua (Kramer et al, 1995), lo que también nos indica que este cultivar tendría cierta susceptibilidad al exceso de agua.

Sin embargo, los datos de potencial hídrico foliar nos dicen, al no haber diferencias significativas, que estas plantas no están pasando por condiciones estresantes. Aunque, se ha reportado que este parámetro de evaluación es poco confiable en caso de esta especie (Thammansak et al. 1991), debido probablemente a mecanismos de osmoregulación. Esta respuesta se ve reflejada en que los valores de materia seca no tengan diferencias significativas, así como también en los valores de porcentaje de materia seca de las raíces reservantes, índice de cosecha, peso fresco y seco de las raíces y del follaje, peso seco total por planta.

Este es un cultivar que le favorece el riego continuo, por su mejor rendimiento en base al peso fresco y seco; además, en todos los tratamientos acumula más materia seca en las raíces, así como también los índices de cosecha son similares y esto es debido a que la distribución de asimilatos en la planta siempre favorece a las raíces, es decir la fuerza asimiladora de la raíz reservante supera a los demás órganos asimiladores. Por lo que podemos concluir que la razón de tener mejor rendimiento en peso fresco es por la mayor cantidad de agua presente en las raíces, lo que tendría que tenerse en cuenta en caso de mantenimiento de las raíces después de la cosecha. Pero si se quiere tener buenos rendimientos lo mejor sería darle un riego continuo aunque moderado.

Si bien no hay diferencias significativas en la mayoría de los datos tomados a la cosecha, sí se nota una tendencia a ser favorecido por la mayor frecuencia de riego, lo que nos indica una mejor asimilación fotosintética.

Cultivar 440089

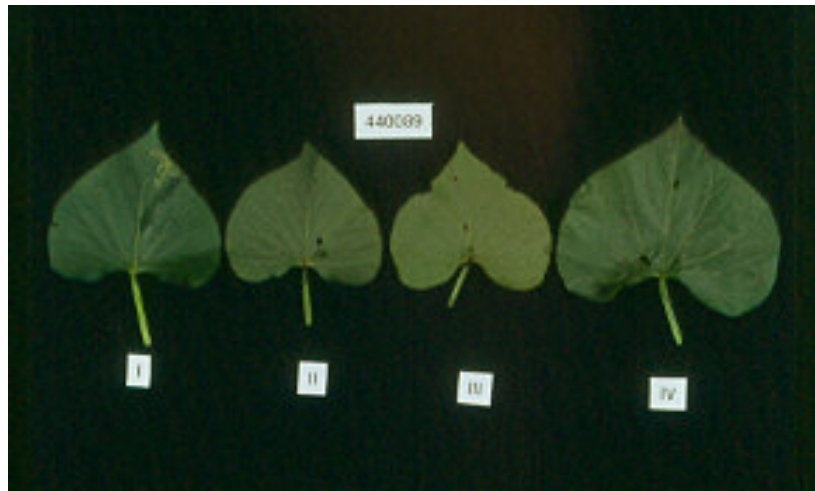


Figura 35: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440089. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 36: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440089. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 12: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440089**.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	21,481	13,333	14,815	24,444	28,2 **
49	38,519	22,222	24,444	49,630	164,8***
70	59,259	51,852	66,667	90,370	278,5***
91	51,852	65,185	80,000	100,00	426,6***
98	63,704	63,704	77,778	100,00	293,7***
112	51,852	63,704	77,333	100,00	427,1***
133	54,815	57,037	54,815	94,074	372,0***
140	60,000	52,593	54,074	100,00	504,1***
147	66,667	47,407	48,889	100,00	598,2***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	3,200	4,000	4,480	10,940	12,7 **
112	1,600	5,500	6,600	6,870	5,9 *
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,513	-0,447	-0,387	-0,353	0,5 n.s.
111	-0,413	-0,700	-0,567	-0,267	3,5 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,280	-0,380	0,5 n.s.
11,00 a.m.			-0,427	-0,633	2,1 n.s.
1,00 p.m.			-0,430	-0,417	0,0 n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	15,058	17,501	18,139	11,382	9,4 *
% m.s. raíz	30,406	26,499	26,738	23,828	7,3 *
índice cosecha	48,808	53,556	49,451	64,400	52,0 ***
p.f.raíz/planta	1,281	1,042	0,802	2,283	0,4 n.s.
p.f.fje./planta	1,915	0,886	0,904	2,171	0,5 n.s.
p.s.raíz/planta	0,328	0,237	0,184	0,515	0,02 n.s.
p.s.fje./planta	0,293	0,152	0,158	0,249	0,0 n.s.
p.s.total/planta	0,687	0,431	0,372	0,795	0,04 n.s.
rdto. P.f.	47,388	38,542	29,659	84,483	580,3***
rdto. P.s.	12,136	8,766	6,821	19,072	29,0 **
p.s.raíz no c.	0,066	0,041	0,029	0,031	0,0 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

Este es un cultivar que le favorece el riego continuo, se ve en los datos de índice de cosecha, peso fresco y seco de las raíces, rendimiento en base de peso fresco y seco.

Sólo el tratamiento de riego continuo es el que llega a desarrollar el 100% de cobertura, mientras que los demás tratamiento mantienen una cobertura similar, incluso en los primeros 90 días el tratamiento sin riego desarrolla un mejor follaje, esto se debe principalmente a la proximidad con el tratamiento de riego continuo y a la filtración de agua hacia el tratamiento sin riego, pero hacia el final del experimento la cobertura en éste tratamiento decae, esto es debido a las plantas de camote que crecieron entre estos dos tratamientos y que no intervinieron en el experimento, se encargaron de absorber el agua que se filtraba. En el tratamiento de riego a los 45 días se observa muy bien el efecto del agua sobre el crecimiento del follaje aumentando en los 50 días posteriores para luego decaer por disminución del contenido de agua en el suelo. Con respecto al tratamiento de riego a los 90 días, se observa un incremento de la cobertura 7

días después de aplicado el riego pero decae en las siguientes dos semanas, esto probablemente se deba a que en este momento estaba ocurriendo una renovación de hojas en este cultivar, ya que en el tratamiento de riego continuo se puede observar una respuesta similar, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994), además, este es un hecho que es considerado normalmente para la producción de camote (Kemble, 1992).

Por los datos de resistencia estomática en la primera evaluación en el tratamiento de riego continuo, este cultivar presenta los valores más altos de resistencia estomática, esto es debido a que el exceso de agua provoca en este cultivar un estrés por inundación manifestándose con un cierre estomático (Kramer et al, 1995), para luego estabilizarse conforme pasa el tiempo o también una adaptación a esta condición, esto se ve en la segunda evaluación donde los tratamientos de riego continuo, sequía y riego a los 45 días cierran sus estomas a diferencia del tratamiento de riego a los 90 días en donde la resistencia estomática es menor que todos los demás; si bien el tratamiento de riego continuo tiene una alta resistencia estomática debida al exceso de agua, los tratamientos de riego a los 45 días y sin riego incrementan su resistencia debido a la disminución del agua en el suelo y el riego a los 90 días disminuye su resistencia debido al ingreso de humedad.

En los datos de potencial hídrico foliar se puede apreciar una aparente contradicción con los datos para el tratamiento de riego continuo presentados para resistencia estomática, donde se esperaría que tuviera potenciales hídricos bajos, pero no sucede así debido a que hay una gran disponibilidad de agua en el suelo, así que el mecanismo de cierre estomático observado no está influenciado por el potencial hídrico. Los valores más altos corresponden al tratamiento de riego continuo, tanto en la primera como en la segunda evaluación, esto debido a la presencia de agua, y que no ocurre con los otros tres tratamientos por lo que esto sugiere un mecanismo de regulación osmótica. De acuerdo con los datos de potencial hídrico en el transcurso del día no se puede decir cual de los dos tratamientos es el estresante ya que ambos se comportan de la misma manera. Estos valores comprueban lo afirmado por Thammansak et al (1991) que el potencial hídrico foliar no es buen parámetro para medir estrés en camote.

En los datos de índice de cosecha, peso fresco de las raíces y del follaje,

peso seco de las raíces, peso seco total de la planta, rendimiento en base al peso fresco y seco, se ve que las plantas que están en el tratamiento de riego continuo se ven favorecidas por esta condición, es decir que necesita de mayor cantidad de humedad en el suelo para tener buenos rendimientos, a pesar de tener los estomas más cerrado que en el tratamiento de riego a los 90 días. Esto nos estaría diciendo que este cultivar bajo condiciones de alta humedad en el suelo presenta una mejora en su sistema de translocación haciéndolo más eficiente, además que el cierre estomático no es lo suficientemente severo como para evitar la fotosíntesis.

Cultivar 440185

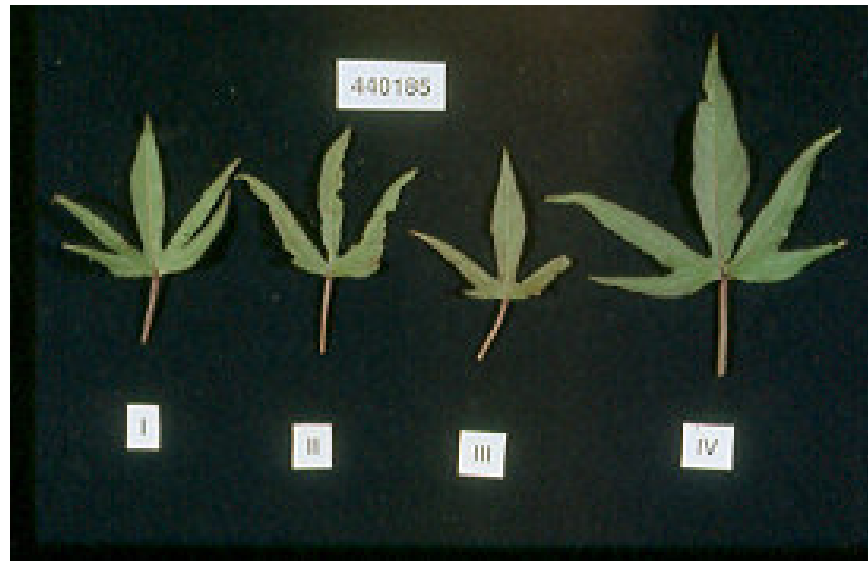


Figura 37: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440185. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 38: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440185. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 13: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440185**.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	26,667	15,556	20,741	27,407	30,9 **
49	45,926	25,926	43,704	63,704	238,7***
70	77,037	65,926	83,704	88,889	98,2 ***
91	71,111	77,778	92,593	91,852	112,9***
98	68,148	79,259	88,148	89,630	97,8 ***
112	65,185	74,815	77,778	82,222	52,1 ***
133	75,556	61,481	65,185	85,926	121,2***
140	80,000	55,556	61,481	89,630	251,8***
147	74,074	51,111	50,370	65,926	134,8***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	4,300	4,300	3,540	3,470	0,2 n.s.
112	5,300	3,900	17,800	5,300	42,5 ***
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,540	-0,307	-0,253	-0,327	1,6 n.s.
111	-1,280	-0,667	-0,227	-0,220	4,6 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,183	-0,203	0,02n.s.
11,00 a.m.			-0,150	-0,250	0,5 n.s.
1,00 p.m.			-0,140	-0,423	4,01n.s.

A la cosecha						
% m.s.follaje	13,172	18,683	17,974	11,265	13,1	**
% m.s. raíz	23,320	25,016	21,528	22,373	2,2	n.s.
índice cosecha	65,336	53,203	51,022	51,126	46,9	**
p.f.raíz/planta	1,731	1,239	1,463	1,685	0,1	n.s.
p.f.fje./planta	1,439	0,968	1,010	2,601	0,6	n.s.
p.s.raíz/planta	0,389	0,270	0,256	0,342	0,0	n.s.
p.s.fje./planta	0,190	0,176	0,177	0,289	0,0	n.s.
p.s.total/planta	0,594	0,472	0,491	0,670	0,0	n.s.
rdto. P.f.	64,059	45,829	54,119	62,333	70,2	**
rdto. P.s.	14,390	9,999	9,487	12,663	5,3	*
p.s.raíz no c.	0,016	0,025	0,057	0,035	0,0	n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

El follaje de este cultivar no crece mucho a pesar que se le dé un riego continuo cada 15 días. Por esta razón la diferencia entre éste tratamiento y el tratamiento sin riego no son muy grandes, teniendo en cuenta también, que debe haber ocurrido un paso de agua del tratamiento de riego continuo al tratamiento sin riego. Con respecto al tratamiento de riego a los 45 días se puede observar el aumento de la cobertura después de la aplicación del riego hasta que empieza a agotarse el agua del suelo y la cobertura disminuye, por dos razones: caída de hojas y tamaño pequeño de las mismas, respuesta que es producida por un incremento de ABA en el interior de las plantas (Barceló et al, 2005). En el tratamiento de riego a los 90 días se observa una aparente contradicción, ya que después de la aplicación del riego la cobertura no aumenta, por el contrario disminuye, aquí debemos tener en cuenta el tipo de suelo en el cual está creciendo este cultivar, que ya se dijo antes que en algunas zonas estaba formado por arena, así como también tener en cuenta la humedad relativa del aire hacia el final del experimento, y por último tener en cuenta que este

tratamiento estaba cerca de la acequia de riego lo que produjo un ingreso de agua no deseado en el presente trabajo.

Los datos de resistencia estomática nos dicen que el tratamiento de sequía fue el que mostró una mayor resistencia estomática en la segunda evaluación, a pesar de que su cobertura fue similar a la del tratamiento de riego continuo, esto es una respuesta ante el estrés (Barceló et al, 2005). Lo que estaría indicando que este cultivar es susceptible a la deficiencia de agua.

Sin embargo, tuvo un buen potencial hídrico foliar, tanto como los demás tratamientos, lo que nos está queriendo decir que el mecanismo de regulación osmótica no se lleva a cabo en las hojas sino en otra parte de la planta, posiblemente en las raíces, por esta razón es que Thammansak et al (1991) afirma que el potencial hídrico foliar no es buen parámetro para medir estrés hídrico; además, de esta forma también se explica el cierre estomático, ya que es en la raíz, tallo y hojas de las plantas estresadas donde se incrementa considerablemente la síntesis de ABA (Barceló et al, 2005).

La respuesta observada en el potencial hídrico foliar la hace la planta con la finalidad de no disminuir la actividad fotosintética, como lo demuestran los resultados de porcentaje de materia seca de las raíces en donde no se observan diferencias significativas entre los tratamientos. La diferencia significativa que se observa a nivel foliar, en cuanto porcentaje de materia seca, es una consecuencia de la deficiencia de agua ya que esta condición obliga a la planta a enviar mayor cantidad de asimilatos hacia el follaje.

El hecho de no tener diferencias significativas en los demás parámetros evaluados demuestra que la actividad fotosintética no se altera, es por eso que los valores de potencial hídrico foliar son aparentemente contradictorios con los datos de resistencia estomática y de cobertura foliar; pero a nivel de rendimiento, se explica teniendo en cuenta que la planta, al disponer de más agua en el tratamiento de riego continuo, puede acumularla más en su tejido, pero, además, en general a este cultivar le favorece un riego hacia el final del período de cultivo, como se ve en los datos de índice de cosecha, peso fresco y seco de las raíces, rendimiento en peso fresco y seco, lo que nos estaría indicando una probable mayor absorción de agua después de los 90 días del plantado.

Cultivar 440189

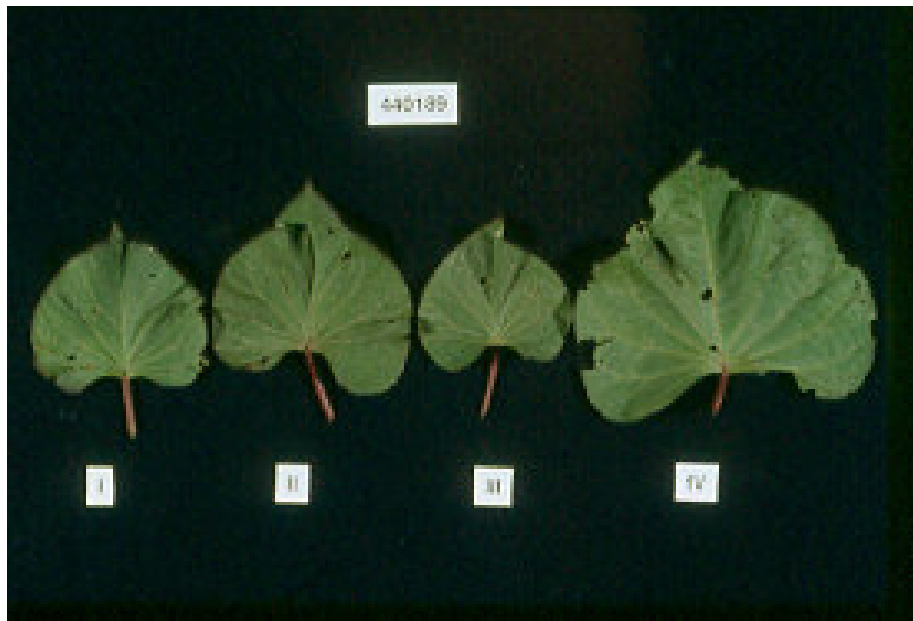


Figura 39: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440189. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 40: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440189. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 14: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440189**.

	Tratamientos					
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR	
Cobertura (%)						
35	15,556	23,704	11,111	22,963	36,7	**
49	31,852	46,667	32,593	51,111	96,0	***
70	61,481	79,259	80,741	96,296	202,8	***
91	67,407	85,926	88,889	100,00	183,1	***
98	68,889	87,407	86,667	100,00	163,6	***
112	62,963	80,000	85,926	100,00	235,2	***
133	66,667	83,704	70,370	97,778	199,9	***
140	77,778	78,518	78,519	100,00	118,2	***
147	83,704	78,518	71,111	80,741	28,9	**
Resistencia Estomática (s/m)						
56	4,800	4,500	3,300	3,440	0,56	n.s.
112	0,900	10,500	7,700	11,190	22,06	**
Potencial Hídrico Foliar (MPa)						
103	-0,540	-0,627	-0,347	-0,347	1,99	n.s.
111	-0,533	-0,647	-0,387	-0,253	2,94	n.s.
118 durante el día						
9,00 a.m.			-0,250	-0,303	0,14	n.s.
11,00 a.m.			-0,403	-0,390	0,01	n.s.
1,00 p.m.			-0,230	-0,633	8,1	*

A la cosecha						
% m.s.follaje	16,509	17,362	19,066	12,349	8,1	*
% m.s. raíz	28,483	27,900	26,129	25,759	1,8	n.s.
índice cosecha	57,012	68,136	51,793	44,969	95,5	**
p.f.raíz/planta	1,720	2,123	1,235	1,684	0,1	n.s.
p.f.fje./planta	1,281	1,352	0,963	3,777	1,7	n.s.
p.s.raíz/planta	0,439	0,559	0,264	0,392	0,01	n.s.
p.s.fje./planta	0,211	0,232	0,183	0,458	0,01	n.s.
p.s.total/planta	0,688	0,821	0,506	0,893	0,02	n.s.
rdto. P.f.	63,644	78,551	4,695	62,317	180,4	***
rdto. P.s.	16,258	20,678	9,780	14,492	20,3	**
p.s.raíz no c.	0,037	0,030	0,058	0,043	0,0	n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

El follaje se ve fuertemente afectado por la frecuencia de riego, esto se comprueba con los datos de cobertura, en donde el riego cada 15 días alcanza el 100% en menor tiempo que los demás y esto hace que haya mayor área fotosintetizante rápidamente. Pero, también se observa que el tratamiento sin riego tiene buenos porcentajes de cobertura, si lo comparamos con los tratamientos de riego a los 90 y 45 días, y este hecho está relacionado con la proximidad entre el tratamiento de riego continuo y el que no tiene riego, a pesar que se colocaron entre ambos tratamientos 3 surcos con un cultivar de camote que no intervino en el experimento, lo que significa que hubo una filtración de agua de un tratamiento a otro. También hay que tener en cuenta que en este terreno hubieron zonas donde la textura del suelo era bastante diferente que lo reportado en el análisis de suelo, habiendo zonas en las que la arena predominaba y por lo tanto la percolación era mayor y esto se refleja en la cobertura del tratamiento de riego a los 90 días, aunque el crecimiento del follaje hacia el final del experimento fue debido a la proximidad de este tratamiento con

el canal de riego.

Si bien el follaje es mayor en el tratamiento de riego continuo, por lo que se esperaría que las plantas tuvieran menor resistencia estomática, contradictoriamente, en la segunda evaluación, los datos de resistencia estomática nos muestran que es en éste tratamiento donde se tienen las resistencias más altas, ya que es en éste periodo de tiempo que las plantas tienen una cobertura bastante desarrollada; además, esta respuesta es debida a que cuando la planta tiene un exceso de agua, entra en un estado de estrés por inundación causando un incremento de la síntesis de ABA y por consiguiente un cierre estomático (Kramer et al, 1995), lo cual estaría indicando que este cultivar no debe ser regado muy frecuentemente o no con mucho agua ya que la llevaría a una condición de estrés; esto estaría demostrando que hubo un exceso de agua en el tratamiento de riego continuo y que provocó la filtración hacia el tratamiento sin riego.

Según lo visto anteriormente se esperaría que también los potenciales hídricos foliares sean favorables al tratamiento de riego cada 15 días, pero según los datos mostrados se puede apreciar que hay un mecanismo de osmorregulación en las hojas lo que le permite a este cultivar realizar fotosíntesis a pesar de la mayor resistencia estomática en éste tratamiento; por esta razón se afirma que este parámetro de evaluación no es conveniente para medir estrés hídrico en camote (Thammansak et al, 1991)

Los mecanismos de osmoregulación de la planta hacen que en la cosecha se tengan varios parámetros similares en todos los tratamientos, como en porcentaje de materia seca de las raíces, peso fresco de la raíz y del follaje por planta, peso seco de la raíz y del follaje por planta, peso seco total por planta. Las diferencias se encuentran en el porcentaje de materia seca del follaje, índice de cosecha, rendimiento basándose en el peso fresco y seco, a excepción del porcentaje de materia seca del follaje, en los demás se observa que el valor más alto corresponde al tratamiento de riego a los 45 días, lo que nos indica que a este cultivar le favorece un riego en los primeros 45 días después de plantado. Con respecto al porcentaje de materia seca del follaje se observa que la mayor cantidad está en las plantas sometidas a una falta de riego, en cambio, para este mismo tratamiento, en los rendimientos, las raíces reservantes presentan los

promedios más bajos. Por lo que los parámetros de índice de cosecha y rendimiento serán mejores indicadores de estrés en este cultivar.

Lo que también se demuestra con estos resultados es que una disminución constante en la humedad del suelo provoca que el llenado de las raíces reservantes se vea afectado, y por otro lado el exceso de humedad también afecta la producción de raíces reservantes, por lo que se debe tener cuidado en regar a este cultivar, especialmente en la primera etapa de crecimiento.

Cultivar 440179

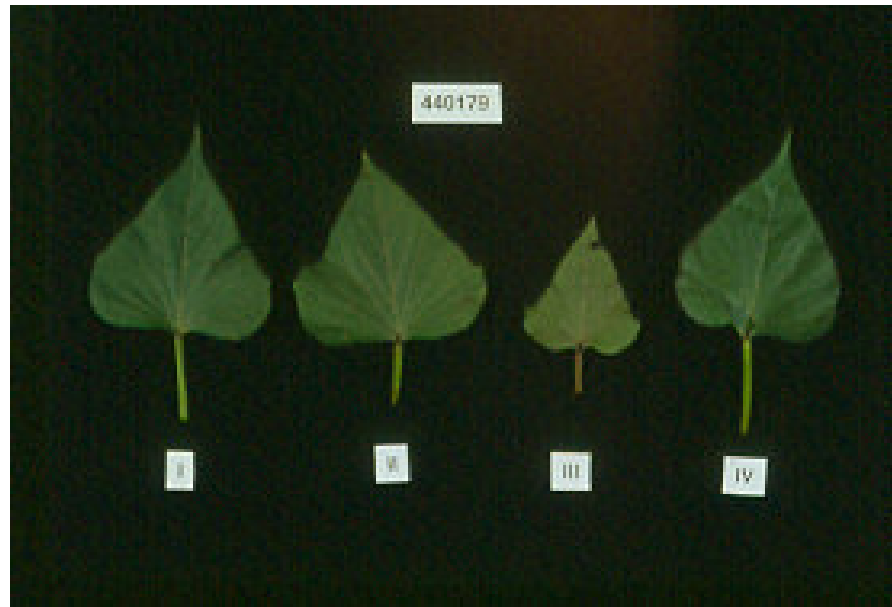


Figura 41: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440179. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 42: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440179. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 15: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **440179**.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	20,000	17,778	20,741	28,889	23,6 **
49	40,000	35,556	42,963	51,111	42,9 **
70	60,000	65,185	71,852	91,111	185,2 ***
91	70,370	70,370	76,296	94,074	125,8 ***
98	67,407	74,074	65,185	96,296	202,1 ***
112	62,963	74,074	67,407	94,074	188,9 ***
133	71,111	72,593	49,630	88,889	259,5 ***
140	72,593	69,630	54,815	88,889	195,2 ***
147	77,037	73,333	55,556	91,111	214,1***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	9,100	3,500	3,320	3,320	8,2 *
112	2,600	12,500	15,800	4,650	39,4 **
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,413	-0,307	-0,313	-0,413	0,4 n.s.
111	-0,507	-0,540	-0,227	-0,367	2,1 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,200	-0,500	4,5 n.s.
11,00 a.m.			-0,490	-0,817	5,3 *
1,00 p.m.			-0,303	-0,587	4,0 n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	14,257	15,632	17,137	11,316	6,1 *
% m.s. raíz	33,157	33,252	31,546	32,697	0,6 n.s.
índice cosecha	62,913	60,636	59,973	47,520	48,2 **
p.f.raíz/planta	1,157	1,278	0,982	0,913	0,02 n.s.
p.f.fje./planta	1,107	1,153	0,747	2,471	0,6 n.s.
p.s.raíz/planta	0,342	0,362	0,265	0,298	0,0 n.s.
p.s.fje./planta	0,156	0,170	0,125	0,288	0,01 n.s.
p.s.total/planta	0,538	0,597	0,440	0,627	0,01 n.s.
rdto. P.f.	42,824	47,278	36,338	33,769	37,7 **
rdto. P.s.	12,660	13,411	9,820	9,290	4,2 n.s.
p.s.raíz no c.	0,040	0,064	0,050	0,049	0,0 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

Este cultivar se caracteriza por desarrollar poco follaje, a pesar de estar en riego continuo ya que no llega en ningún momento al 100%. Esta condición se nota mucho más cuando la humedad del suelo disminuye, esto se puede comprobar en los otros tres tratamientos. El hecho que en el tratamiento sin riego se observe una mejor cobertura durante los primeros 90 días del experimento, en comparación con los tratamientos de riego a los 45 y a los 90 días, es debido al paso de agua del tratamiento de riego continuo, ya que las plantas puestas entre estos dos tratamientos aún no habían desarrollado suficiente sistema radical. Por otro lado, el aumento de cobertura en todos los tratamientos, hacia el final del experimento, es debido a un incremento en la humedad relativa del aire (ver Tabla de Humedad y Temperatura del aire), lo que también tendría influencia sobre la producción de raíces reservantes, de acuerdo a lo reportado por Mortley et al (1991), por lo que podemos pensar que la humedad del aire tiene influencia sobre el crecimiento del follaje, así como sobre la apertura y cierre de los estomas.

Los datos de resistencia estomática nos indican que conforme aumenta el déficit de humedad en el suelo se incrementa la resistencia estomática, esto se observa en los tratamientos sin riego y riego a los 45 días en la segunda evaluación y en el tratamiento de riego a los 90 días en la primera evaluación. Lo que está en cierta contradicción con lo observado en el crecimiento del follaje, si unimos estos datos podemos concluir que este cultivar tiene un follaje que puede hacer que la humedad del aire se condense y evita que el suelo pierda agua por evaporación, por lo tanto al estar más tiempo el suelo cercano al tallo más húmedo éste podrá crecer, esta es una adaptación de muchas plantas que viven en ambientes xerófitos; y, además, dependiendo de la cantidad de agua que se pueda retener en el suelo la planta podrá abrir o cerrar sus estomas.

Según los datos de potencial hídrico podemos comprobar que no hay relación entre este parámetro y los de resistencia estomática, esto comprueba lo dicho por Thammansak et al (1991), quien afirma que el potencial hídrico foliar no es buen parámetro para medir estrés hídrico. Esto quiere decir también, que la apertura y cierre estomático no depende del potencial hídrico foliar. Lo que puede estar sucediendo es una regulación osmótica foliar, con el objetivo de no disminuir la translocación de asimilatos. Lo mismo sucede con los datos de potencial hídrico foliar durante el día donde se observa que más bien es el riego continuo el que disminuye su potencial hídrico, lo que comprobaría mas bien es que este es un cultivar susceptible a altas cantidades de agua en el suelo.

Lo visto anteriormente se ve reflejado principalmente en los datos de porcentaje de materia seca en las raíces donde los resultados son no significativos, es decir todas las adaptaciones morfológicas y fisiológicas hechas por este cultivar son llevadas a cabo con la finalidad de no afectar la fotosíntesis. Lo que también se puede observar es que hay una tendencia a que si la planta recibe agua en los primeros 45 días después de plantado, entonces habrá mejores rendimientos.

Así mismo, este cultivar se ve afectado por el riego continuo, ya que lo que se consigue es aumentar su follaje tanto en cobertura como en peso fresco, peso seco y peso seco total por planta, este incremento en peso seco del follaje hace que se incremente el peso seco total de la planta, pero no se mejora en la producción de raíces reservantes, lo que demuestra que a mayor humedad del

suelo solo se consigue aumentar el follaje mas no el rendimiento en raíces. Esto quiere decir que la cantidad de materia seca de las raíces reservantes, en este cultivar, no depende del área fotosintetizante sino más bien de las condiciones fisiológicas internas de la planta, además para que ocurra esto, la cantidad de agua en el suelo debe ser moderada y no en exceso.

Cultivar 187003.1

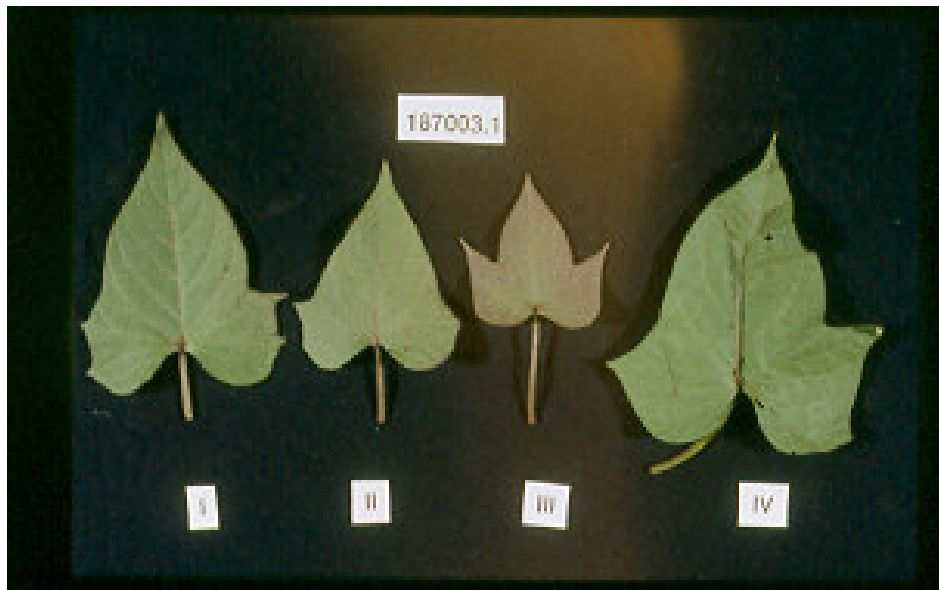


Figura 43: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 187003.1. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 44: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 187003.1. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 16: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar **187003.1**.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	13,333	19,259	10,370	28,889	66,7 **
49	31,852	31,852	24,444	56,296	193,3 ***
70	58,518	74,815	51,852	94,074	354,6 ***
91	64,444	82,963	51,852	95,556	375,5 ***
98	60,741	80,741	57,037	86,667	213,4 ***
112	51,852	79,259	51,852	95,556	465,7 ***
133	57,037	80,000	40,741	100,00	674,3 ***
140	69,630	71,852	37,778	98,519	618,0 ***
147	73,333	57,778	28,889	97,037	816,6 ***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	10,600	3,600	3,540	3,360	12,6 **
112	2,000	9,000	8,700	3,550	12,5 **
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,370	-0,433	-0,240	-0,400	0,7 n.s.
111	-0,273	-0,440	-0,327	-0,253	0,7 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,177	-0,363	1,7 n.s.
11,00 a.m.			-0,200	-0,660	10,6 **
1,00 p.m.			-0,153	-0,377	2,5 n.s.

A la cosecha					
% m.s.follaje	14,639	17,621	18,938	12,381	8,7 *
% m.s. raíz	32,327	30,851	30,914	29,222	1,6 n.s.
índice cosecha	61,508	66,022	60,191	53,095	28,7 **
p.f.raíz/planta	0,985	1,194	1,011	1,585	0,1 n.s.
p.f.fje./planta	0,996	0,832	0,645	2,980	1,2 n.s.
p.s.raíz/planta	0,285	0,340	0,260	0,440	0,01 n.s.
p.s.fje./planta	0,146	0,145	0,120	0,357	0,01 n.s.
p.s.total/planta	0,465	0,515	0,433	0,824	0,03 n.s.
rdto. P.f.	36,445	44,176	37,407	58,648	105,0 ***
rdto. P.s.	10,543	12,564	9,611	16,294	8,8 *
p.s.raíz no c.	0,033	0,030	0,053	0,027	0,0 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

A pesar de la humedad en el suelo, en el tratamiento de riego continuo, este cultivar, no desarrolla un gran follaje, peor aún las plantas de los otros 3 tratamientos, donde se observa una fuerte reducción de la cobertura. Principalmente se observa la disminución de la cobertura, debido a que sus hojas tienen una vida corta, y las ramas también son cortas. Por esta razón este cultivar no podría ser recomendado para uso forrajero. En los tratamientos de riego a los 45 y 90 días se ve que las coberturas no responden al momento en que se les riega, es decir, se espera que con el riego la cobertura crezca, pero esto no sucede con el tratamiento de riego a los 90 días, y probablemente sea porque el agua es necesaria en una primera fase de crecimiento del cultivo (hasta los 45 días) ya que posteriormente la ausencia de agua inhibe el desarrollo de las yemas por lo que no va a poder desarrollar mucho follaje; y es muy notoria esta condición en el tratamiento sin riego en donde la reducción de la cobertura es muy severa. Por lo que para este cultivar se comprueba que la humedad del suelo limita el crecimiento del follaje, lo que está en concordancia con los

resultados de Indirama (1994).

Los datos de resistencia estomática muestran que las plantas con riego a los 90 días cierran sus estomas al comienzo de su período de crecimiento para luego estabilizarse, lo que nos sugiere una condición estresante para este tratamiento, pero si lo comparamos con el tratamiento sin riego, aparentemente son contradictorios; pero si tenemos en cuenta que el tratamiento sin riego está cerca al tratamiento de riego continuo podríamos decir que hubo una filtración de agua, pero que conforme pasó el tiempo y las plantas puestas entre los tratamientos alcanzaron un crecimiento radicular óptimo, esta filtración se detuvo y las plantas del tratamiento sin riego por tanto muestran mayores resistencias estomáticas en la segunda evaluación; de la misma forma se podría entender el por qué el tratamiento de riego a los 45 días también presenta valores de resistencia estomática mayores en la segunda evaluación, aunque en este caso en la primera evaluación los valores son bajos ya que había sido regado.

Si vemos en conjunto el crecimiento de la cobertura y los datos de resistencia estomática se podría esperar también diferencias significativas en el potencial hídrico foliar, si embargo todas las respuestas son similares, lo que nos lleva a pensar en un ajuste osmótico a nivel foliar o en todo caso el cierre estomático no es tan severo como para afectar la fijación de CO_2 y así causar cambios fuertes a nivel de concentración de solutos en las hojas, pero esto también está relacionado con la actividad de las raíces en cuanto a la absorción del agua.

Lo dicho anteriormente se ve reflejado en los datos de porcentaje de materia seca de las raíces y en los otros parámetros en los que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Pero podemos observar también tendencias del cultivo a tener mejores resultados cuando el riego se le proporciona al comienzo del cultivo, lo cual concuerda con lo visto en los resultados anteriores, tanto en cobertura como en la resistencia estomática. Lo que nos lleva a concluir que para este cultivar la deficiencia de agua provoca una deficiencia en el crecimiento de la cobertura pero además existe un mecanismo de regulación fisiológica de las plantas, que tiene por finalidad no afectar la fotosíntesis.

Cultivar 440183:

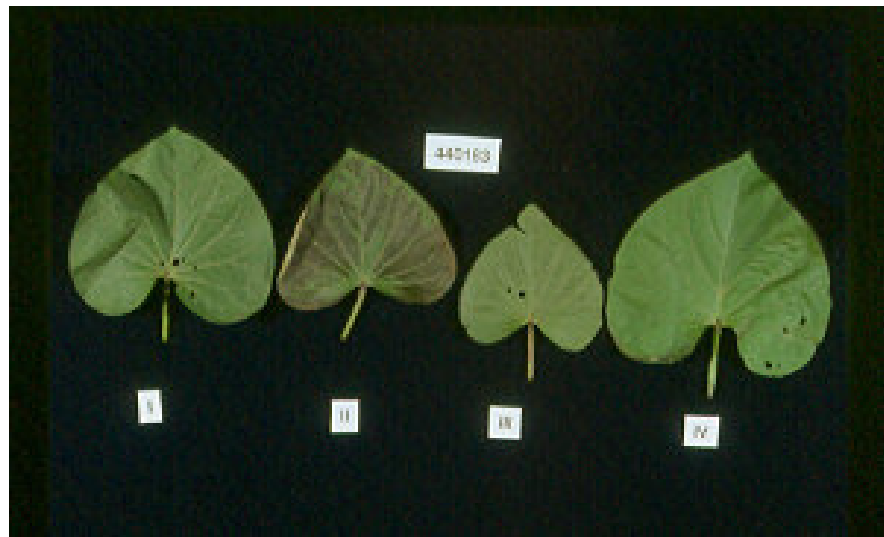


Figura 45: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440183. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 46: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440183. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 17: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar 440183.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura (%)					
35	16,296	11,111	13,333	22,963	26,5 **
49	37,037	28,148	29,630	54,815	149,8***
70	62,222	64,444	60,741	95,556	276,0 ***
91	69,630	73,333	60,000	100,00	293,1***
98	58,519	70,370	53,333	100,00	436,2 ***
112	57,778	65,185	54,074	100,00	441,3 ***
133	56,296	69,630	45,926	100,00	550,3 ***
140	72,593	63,704	51,111	100,00	429,8 ***
147	77,037	54,074	48,148	100,00	560,2 ***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	3,100	4,900	3,580	3,180	0,7 n.s.
112	1,100	8,600	9,800	4,360	16,0 **
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,567	-0,293	-0,307	-0,493	1,9 n.s.
111	-0,593	-0,547	-0,307	-0,433	1,6 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,303	-0,733	9,2 *
11,00 a.m.			-0,397	-0,737	5,8 *
1,00 p.m.			-0,373	-0,720	6,0 *

A la cosecha					
% m.s.follaje	16,206	18,181	19,069	12,881	7,5 *
% m.s. raíz	34,977	34,191	34,759	33,149	0,7 n.s.
Índice cosecha	64,624	73,524	59,636	49,251	102,5 ***
p.f.raíz/planta	1,160	1,463	0,842	1,462	0,1 n.s.
p.f.fje./planta	1,005	0,838	0,565	3,551	1,9 n.s.
ps.raíz/planta	0,379	0,482	0,240	0,461	0,01 n.s.
p.s.fje./planta	0,163	0,148	0,107	0,449	0,02 n.s.
ps.total/planta	0,568	0,650	0,398	0,932	0,04 n.s.
rdto. P.f.	42,924	54,130	31,154	54,089	120,2 ***
rdto. P.s.	14,026	17,851	8,877	17,039	16,5 **
p.s.raíz no c.	0,026	0,020	0,052	0,023	0,0002 n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

El follaje se ve fuertemente influenciado por la presencia de agua, es decir a más agua más follaje, esto lo podemos evidenciar en los resultados obtenidos en la cobertura de las plantas, en donde el tratamiento de riego continuo es el que presenta los mejores promedios, además, también podemos comprobar lo mismo observando los datos del tratamiento sin riego y el tratamiento de riego a los 45 días; en el tratamiento de riego a los 90 días se observa una aparente contradicción, es decir después de aplicar el riego en lugar de incrementarse la cobertura esta mas bien disminuye, y hacia el final del experimento aumenta su cobertura, esto se puede explicar porque no hubo suficiente humedad en el suelo para provocar el crecimiento de la cobertura, ya que probablemente el suelo permitió que percolara el agua rápidamente (y poca humedad relativa del aire), y el aumento de la cobertura al final del experimento se puede explicar observando el incremento de la humedad relativa del aire y que coincide con lo reportado por Mortley et al, (1991) quien afirma que con un incremento de la humedad relativa del aire se incrementa la producción.

En cuanto a los datos de resistencia estomática, el tratamiento de sequía es el que tiene mayor resistencia estomática, lo que quiere decir que los estomas están más cerrados que en las plantas de los otros tratamientos, esto es una respuesta común entre las plantas que se encuentran en estrés hídrico, pero el cierre estomático no es total permitiendo así que haya fijación de CO₂, lo que se verá reflejado en los resultados mostrados más adelante.

Los datos de potencial hídrico foliar, en donde aparentemente hay una contradicción debido a que las plantas en sequía tienen valores más altos que los demás tratamientos, se podría explicar desde el punto de vista de osmorregulación, es decir un balance de solutos, principalmente en las raíces, para conseguir absorber agua del suelo, asimismo, incrementar la concentración de ABA en la planta lo que le permite permeabilizar la membrana de las células radicales e inducir un cierre estomático, este hecho provocaría que no haya relación entre la apertura de estomas y el potencial hídrico foliar y por eso Thammansak et al (1991) menciona que el potencial hídrico foliar no es un buen parámetro para medir estrés hídrico en camote. Todo esto se ve reflejado en los datos de porcentaje de materia seca de las raíces.

Como se mencionó más arriba, el cierre estomático no es total por lo que la diferencia en los datos de porcentaje de materia seca, peso seco por planta, sean no significativos, por lo que podríamos concluir que los niveles de agua en el suelo, en todos los tratamientos, no afectaron significativamente la fotosíntesis en este cultivar.

Por otro lado los datos de índice de cosecha, peso seco y fresco de raíces, el rendimiento en peso fresco y seco, muestran una tendencia hacia el tratamiento de riego a los 45 días porque tiene los valores más altos, esto quiere decir que a este cultivar le bastaría ser regado en los primeros 45 días de vida para tener buen crecimiento; si bien en sequía este cultivar tiene respuestas que favorecen la fotosíntesis y la translocación, como por ejemplo mayor potencial hídrico foliar, de todas maneras necesita de agua, como se ve en las respuestas en los tratamientos de riego a los 90 días y riego continuo.

Cultivar 440031

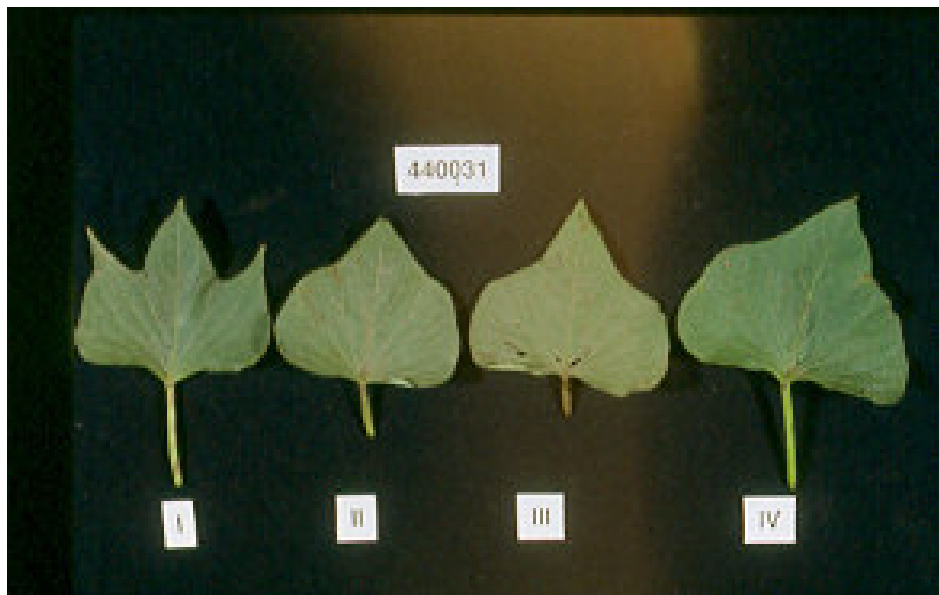


Figura 47: Variación de la morfología foliar, de acuerdo a la influencia de cada tratamiento de riego. Para el cultivar 440031. A los 142 d.d.p. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días



Figura 26: Efecto de los tratamientos de riego sobre la producción de raíces reservantes. Para el cultivar 440031. I: Riego a los 90 días; II: Riego a los 45 días; III: Sin Riego; IV: Riego cada 15 días

Tabla 18: Valores promedio para la cobertura, resistencia estomática (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas), potencial hídrico foliar (datos tomados entre las 9:00 y 14:00 horas) y para las variables tomadas a la cosecha durante el experimento (febrero a julio 1995) para el cultivar 440031.

	Tratamientos				
Momento de evaluación (d.d.p.)	R - 90	R - 45	R - 00	R - C15	VAR
Cobertura					
35	24,444	19,259	30,370	42,222	97,4 ***
49	49,630	40,000	51,852	65,926	114,5 ***
70	71,852	67,407	76,296	91,111	105,9 ***
91	67,407	76,296	90,370	95,556	166,2 ***
98	60,000	67,407	87,407	96,296	286,4 ***
112	54,074	68,148	84,444	96,296	341,8 ***
133	61,481	56,296	57,037	78,519	107,7 ***
140	62,963	44,444	56,296	68,889	109,9 ***
147	65,185	48,148	54,815	74,815	137,2 ***
Resistencia Estomática (s/m)					
56	4,500	4,300	4,780	3,430	0,3 n.s.
112	2,000	6,100	4,300	6,870	4,7 n.s.
Potencial Hídrico Foliar (MPa)					
103	-0,407	-0,347	-0,313	-0,760	4,2 n.s.
111	-0,480	-0,653	-0,407	-0,293	2,3 n.s.
118 durante el día					
9,00 a.m.			-0,403	-0,297	0,6 n.s.
11,00 a.m.			-0,373	-0,480	0,6 n.s.
1,00 p.m.			-0,243	-0,420	1,6 n.s.

A la cosecha						
% m.s.follaje	17,298	19,399	19,051	14,840	4,3	n.s.
% m.s. raíz	26,011	27,503	26,989	23,295	3,5	n.s.
índice cosecha	63,250	64,681	62,876	50,976	40,5	**
p.f.raíz/planta	1,524	1,229	1,252	1,207	0,02	n.s.
p.f.fje./planta	0,788	0,643	0,647	1,426	0,13	n.s.
ps.raíz/planta	0,336	0,301	0,289	0,255	0,001	n.s.
p.s.fje./planta	0,135	0,123	0,122	0,211	0,001	n.s.
ps.total/planta	0,532	0,461	0,460	0,494	0,001	n.s.
rdto. P.f.	56,377	45,473	46,338	44,659	30,1	**
rdto. P.s.	12,438	11,133	10,693	9,430	1,5	n.s.
p.s.raíz no c.	0,060	0,038	0,049	0,028	0,0001	n.s.

p.f.= peso fresco (Kg)

MPa = megapascuales

p.s.= peso seco (Kg)

s/m = segundo/metro

rdto. P.f.= rendimiento en base a peso fresco (Tn/Ha)

rdto. P.s.= rendimiento en base a peso seco (Tn/Ha)

raíz no c.= raíz no comercial

Este cultivar no desarrolla mucho follaje a pesar que se encuentre en un suelo muy húmedo, debido a que tiene ramas cortas y el tiempo de vida de las hojas es menor que en los otros cultivares. Nuevamente se comprueba que hubo un paso de agua del tratamiento de riego continuo al tratamiento sin riego, al comienzo de la investigación, tal como se puede observar en la cobertura de estos tratamientos en los primeros 90 días; posteriormente, la cobertura del tratamiento sin riego decae debido a la actividad de las raíces de las plantas puestas entre los tratamientos, quienes absorben el exceso de humedad en el suelo. En el tratamiento de riego a los 45 días se puede observar muy bien como el agua provoca un rápido crecimiento de la cobertura, para luego decaer en el tiempo conforme el agua se va perdiendo del suelo. En cambio en el tratamiento de riego a los 90 días, ocurre algo contradictorio porque la cobertura mas bien disminuye en vez de aumentar y sólo lo va a hacer hacia el final del experimento, aquí hay que tener en cuenta la textura del suelo, que como ya se dijo anteriormente es irregular y que hay zonas en donde es arenoso con la

consecuente percolación rápida del agua del suelo y considerando que este cultivar ya tenía 3 meses (90 días) sin riego y considerando la característica de ramas cortas y hojas con vida corta, es que se ve una disminución de la cobertura posterior al riego; el incremento de la cobertura hacia los 130 días coincide con el incremento de la humedad relativa del aire, lo que coincide con Mortley et al (1991). Por lo que se comprueba que la humedad del suelo limita el crecimiento del follaje, lo que está en concordancia con los resultados de Indirama (1994), además, este es un hecho que es considerado normalmente para la producción de camote (Kemble, 1992).

A pesar de estas diferencias morfológicas, no se pueden apreciar diferencias significativas en los datos de resistencia estomática; lo que significa que a pesar de la falta de agua en los tratamientos que no son de riego continuo, la planta continua con los estomas abiertos, coincidiendo con los resultados de Mortley et al, (1991) que a mayor humedad relativa menor resistencia estomática.

La baja resistencia estomática se podría explicar por la regulación osmótica en el interior de la hoja; por esta razón las diferencias no son significativas entre los tratamientos y tampoco durante el transcurso del día, tal como lo reporta Garner et al (1992) quien afirma que el potencial hídrico no disminuye hasta que la humedad del suelo llega al 10%; por lo que según Thammansak et al (1991) el potencial hídrico no es un buen indicador del estatus hídrico de camote.

Los resultados arriba mencionados se reflejan en los datos de porcentaje de materia seca de la raíz y follaje, peso fresco y seco de raíz y follaje, y rendimiento en base al peso seco, las diferencias significativas se ven en el índice de cosecha, donde las plantas sometidas al tratamiento de riego continuo son afectadas, y también el rendimiento en base al peso fresco, en donde las plantas del tratamiento de riego a los 90 días presentan una tendencia a ser favorecidas, esto quiere decir que a este cultivar le favorecería recibir un riego hacia el tercer mes de su periodo de cultivo, porque es en ese momento donde se favorece el mecanismo de translocación de asimilatos hacia las raíces. Aunque resultados de experiencias, indican que la sensibilidad de los cultivares de camote al estrés es sólo durante los primeros estados de crecimiento del cultivo, cuando la cobertura no ha sido alcanzada (Demagante et al, 1989); pero

puede ser también crítico en el período de maduración de la raíz reservante afectando en su rendimiento final (Suni et al, 1993).

5. CONCLUSIONES

1. Los datos tomados, tanto en la cosecha como durante el desarrollo del cultivo, muestran que las respuestas fisiológicas del camote a diferentes tratamientos de riego, dependen principalmente de cada cultivar.
2. Las variaciones de agua en el suelo provocan marcadas diferencias en la cobertura del follaje, por lo que éste es el órgano más afectado, constituyéndose como una buena referencia del estado hídrico del suelo.
3. Las variaciones en tamaño del follaje, a causa del estrés hídrico, no tienen relación con la actividad fotosintética, ya que coberturas pequeñas llegan a producir raíces reservantes.
4. Las altas resistencias estomáticas mostradas por algunos cultivares, es decir, la reducción de la apertura de los estomas, no produce una disminución de la fotosíntesis.
5. El potencial hídrico foliar no es buen indicador de que la planta esté sufriendo de estrés hídrico, mas bien muestra que existe un proceso de autorregulación osmótica, que asegura así el agua necesaria para que la fotosíntesis continúe.
6. Se evidencia una tendencia a la disminución de la producción de raíces comerciales cuando el agua disminuye en el suelo, pero nunca se llega a inhibir la producción de éstas raíces.
7. El peso seco total por planta entre los cultivares es bastante uniforme, las diferencias se dan de acuerdo al órgano que es más afectado de acuerdo al régimen de agua.
8. A la mayoría de los cultivares (9) les conviene un riego a los 45 días de su periodo de crecimiento, luego están los de riego a los 90 días y riego continuo (4 en cada uno), pero a ningún cultivar le convino el tratamiento sin riego.

6. RECOMENDACIONES

1. Para futuras experiencias de este tipo, establecer un diseño experimental de tal modo que se pueda visualizar mejor las respuestas de cada cultivar, así como prevenir posibles pasos de agua de un tratamiento a otro.
2. En lo posible trabajar este tipo de experiencias en suelos con texturas bastantes uniformes, de esta manera se evitarán diferencias en la retención de agua.
3. Complementar el método gravimétrico, de análisis de humedad del suelo, con otros que involucren métodos de monitoreo continuo.
4. En futuras experiencias establecer la evaluación del contenido de proteínas de estrés, como parámetro de medida, ya que el potencial hídrico foliar no nos da información precisa del estado de la planta.
5. Se pueden recomendar los siguientes cultivares de acuerdo a su mejor producción en los tratamientos de agua aplicados, teniéndose por tanto:
 - a. Con riego a los 45 días: 440168, 440057, 440183, 420027, 440179, 440189, 440144, 440166, 187003.1
 - b. Con riego a los 90 días: 188006.1, 440031, 440185, 440277
 - c. Con riego cada 15 días: 420017, 440034, 440089, 189001.5

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGATA, W. & TAKEDA, T. 1982. Studies on matter production in sweetpotato plants. J. Fac. Agr., Kyushu Univ. 97:65-73.
- AUSTIN, D.F. 1978. The *Ipomoea batatas* complex. 1: Taxonomy. Bulletin of the Torrey Botanical Club (USA). ISSN 0040-9618. 105(2):114-129.
- BAIGORRIA, G.A. 1994. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Facultad de Ciencias, Lima (Perú). [Potential evapotranspiration quantification and sweet potato crop coefficients determination for La Molina and Yurimaguas localities]. Cuantificación de la evapotranspiración potencial y determinación de los coeficientes de cultivo (K) de camote (*Ipomoea batatas* L.) para las localidades de La Molina y Yurimaguas. Lima (Peru). 131 p. Thesis.
- BARCELÓ, J.; NICOLÁS, G.; SABATER, B. & SÁNCHEZ, R. 2005. Ediciones Pirámide. España. 566 pp
- BONSI, C.K.; LORETAN, P.A.; HILL, W.A.; OGBUEHI, C.R. & MORRIS, C.E. 1988. Effects of photoperiod and light intensity on growth and storage root production of sweetpotatoes. En: Sweetpotato technology for the 21st century. W.A. Hill, C.K. Bonsi and P.A. Lorentan (Eds.). pp 515-519. Tuskegee University, Tuskegee, Alabama.
- BURGA, J.L. 1988. Situación del cultivo de la batata o camote en el Perú. en: Mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. Memorias del "Seminario sobre mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. CIP, Lima, Junio 9-12, 1987. pp 99-125.
- BENAVIDES, A. 2002. Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
- BRICKELL, C.; BAUM, B.; HETTERSCHEID, W.; LESLIE, A.; MCNEILL, J.; TREHANE, P.; VRUGTMAN, F. & WIERSEMA, J. 2004. Código Internacional de Nomenclatura de las Plantas Cultivadas: Preámbulo, División I: principios, División II: Reglas y Recomendaciones: Capítulo I. Acta Hort. (ISHS) 647: 10-14
http://www.actahort.org/books/647/647_34.htm

- COLLINS, W. 1987. Improvement of nutritional and edible qualities of sweetpotato for human consumption. en: Exploration, maintenance, and utilization of Sweetpotato Genetic Resources. Report of the first Sweetpotato Planning Conference. CIP, Lima. pp 221-226.
- DE LA PUENTE, F. 1988. Recursos genéticos de batata (camote) en el CIP. en: Mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. Memorias del "Seminario sobre mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. CIP, Lima, Junio 9-12, 1987. pp 99-125.
- DEMAGANTE, A.L.; OPEÑA, G.B. & ZAAG, P. 1989. Influence of soil moisture on sweetpotato (*Ipomoea batatas*) growth and yield. CIP Southeast Asia and the Pacific Region Office. Manila Philippines. pp 131-144.
- FAO. 1995. Anuario-Producción. Vol. 48. Colección FAO: Estadística N°118.
- GARNER, J. & THAMMANSACK, T. 1992. Physiological changes associated with water stress in sweetpotatoes. Hort Science 27 (6):682
- HAHN, S.K. 1977. A quantitative approach to source potential and sink capacities among reciprocal grafts of sweetpotato varieties. Crop Science 17:559-562.
- INDIRAMA, P. 1994. Water relations in sweetpotato. Malhotra Publishing House, New Delhi, India, pp 343-358.
- KAYS, S. 1992. The chemical composition of the sweetpotato. en: Sweetpotato technology for the 21st century. W.A. Hill, C.K. Bonsi and P.A. Lorentan (Eds.). pp 201-262. Tuskegee University, Tuskegee, Alabama.
- KEMBLE, J.R. 1992. Guide to commercial sweetpotato production in Alabama. Alabama Cooperative Extension System. ANR-982. 6 pp.
- KRAMER, P.J. 1980. Drought, Stress and the origin of adaptations. en: Adaptation of plants to water and high temperature stress. N.C. Turner and P.J. Kramer (Eds.). pp 7-20. John Wiley & Sons Inc..
- KRAMER, P.J. & BOYER, J.S. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press. USA. 495 pp
- KUO, G. & HUEI-MEI CHEN. 1992. Source and sink relationships of sweetpotatoes. en: Sweetpotato technology for the 21st century. W.A. Hill, C.K. Bonsi and P.A. Lorentan (Eds.). Pp 282-295. Tuskegee University, Tuskegee, Alabama.

- LARENAS, V. & ACCATINO, P. 1994. Producción y uso de la batata o camote (*Ipomoea batatas*). CIP- INIA Serie LA Platina N° 58: 20-21.
- LI, LIANG & KAO, CHING-HAI. 1985. Dry matter production and partition of six sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars. Journal of the Agriculture Association of China 131:10-23.
- LOPEZ, M.; VASQUEZ, E. & LOPEZ, R. 1990. Raíces y tubérculos. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. Pp 180 – 244.
- MACHADO C, E. 1981. Botanica sistemática. Lima (Perú). Centro de Informática para la Investigación Agrícola. Universidad Nacional Agraria. 116 pp.
- MANANN, M.A; BHUIYAN, M.K.R.; QUASEM, A.; RASHID, M.M. & SIDDIQUE, M.A. 1992. J. Root Crops 18(1):1-5.
- MENDOZA, H.A; ESPINOZA, J. & VALLEJO, R.L. 1988. Mejoramiento genético de la batata (camote o boniato) *Ipomoea batatas*, en el Centro Internacional de la Papa (CIP). en: Mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. Memorias del "Seminario sobre mejoramiento de la batata (*Ipomoea batatas*) en Latinoamérica. CIP, Lima, Junio 9-12, 1987. pp 203-209.
- MOLINA, J. 2004. Manejo del cultivo de camote para mercado interno y exportación. Folleto Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Estación Experimental Donoso. Centro de Investigación y Capacitación Hortícola Kiyotada Miyagawa. Huaral. 16 pp.
- MONTALDO, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Costa Rica. Segunda edición. Pp 231 – 294.
- MORTLEY, D.; LORENTAN, P.; BONSI, C. & HILL, W. 1991. Sweetpotato growth in response to relative humidity. Hort Science 26 (5): 489 – 490
- NAKATANI, M.; KOMEICHI, M. & WATANABE, Y. 1988 Role of hormonal and enzymatic activities to sink potential of storage root in sweetpotato. Eight Symposium of the International Society for Tropical Root Crops.
- NAKATANI, M; KOMEICHI, M. & WATANABE, Y. 1990. Role of hormonal and enzymatic activities to sink potential of storage roots in sweetpotato. Bangkok (Thailand). ISTRC; Department of Agriculture of Thailand. Pp

507 – 515.

- NAKATANI, M. & KOMEICHI, M. 1991. Changes in the endogenous level of Zeatin Riboside, Abscic Acid and Indol Acetic Acid during formation and thickening of tuberous roots in sweetpotato. Japanese Journal of Crop Sciences 60(1):91-100.
- NAKATANI, M. & MATSUDA, T. 1992. Immunohistochemical localization of Zeatin Riboside in tuberous roots of sweetpotato. Jpn. J. Crop Sci. 61(4): 685-686.
- OSWALD, A.; ALKAMPER, J. & MIDMORE, J. 1994. The effect of different shade levels of growth and tuber yield of sweetpotato: I. Plant development. J. Agronomy & Crop Science 173:41-52.
- PURSEGLOVE, J.W. 1991. Convolvulaceae: *Ipomoea batatas*. Essex (UK). Longman Scientific & Technical. New York (USA). J. Wiley. pp. 78-88.
- ROBERTS-NKRUMAH, L.; WILSON, L. & FERGUSON, T. 1986. Responses of four sweetpotato cultivars to levels of shade: 2. Tuberization. Trop. Agric. (Trinidad) 63(4):265-270.
- SALISBURY, F. & ROSS, C. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Ed. Iberoamérica. México. 759 p.
- SUNI, M.; DIAZ, L.; MENDOZA, H.; LA ROSA, R.; TERRAZAS, A. & ARAKAKI, M. 1993. Evaluación de camote (*Ipomoea batatas*) bajo condiciones de déficit hídrico. Libro de resúmenes, III Reunión Científica del ICBAR. p 56.
- THAMMANSAK, T. & GARNER, J. 1991. The effects of water stress on plant water status and growth of selected sweetpotato genotypes. Hort Science 26 (5): 490
- VILLAFañE, R. 1998. Efectos de déficits hídricos sobre el rendimiento y calidad de la batata *Ipomoea batatas* (L.). Agronomía Tropical 48(4):489-500.
- WISMANN, F.J. 1990. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía, Lima (Peru). [Growth, photosynthesis and dry matter partitioning in ten sweet potato varieties]. Crecimiento, fotosíntesis y distribución de materia seca en diez variedades de camote (*Ipomoea batatas* Lam.). Lima (Peru). 62 p. Thesis.

- WOOLFE, J. 1992. Sweetpotato, an untapped food resource. Cambridge University Press. 1º ed. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sidney. 643 pp.
- YAÑEZ, V. 2002. Aislamiento y caracterización de marcadores moleculares microsatélites a partir de la construcción de librerías genómicas enriquecidas de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). Tesis (Biólogo)--Mención: Genética. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ciencias Biológicas. EAP de Ciencias Biológicas. 101 pp.